SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA GESTÃO LOGISTICA EM CANTEIRO DE OBRAS: UM ESTUDO DE CASO EM TRANSPORTE DE ARMADURAS[1]

FERNANDES, L.L.A., Universidade Federal da Bahia, email: luara.fernandes@gmail.com; COSTA, D.B., Universidade Federal da Bahia, email: dayanabcosta@gmail.com; PEREZ, C.T., Universidade Federal da Bahia, email: cristina.toca.perez@hotmail.es

ABSTRACT

Logistical planning is still a neglected step, despite it establishes conditions for the effectiveness of the production process. Anticipation in the decision-making process and improvements in logistic can provide competitive advantage for construction companies. This study focuses on the evaluation of the potential of improvements that the simulation tools can provide for logistic management on construction sites. The paper is based on two simulation tests carried out on two income housing project sites. The simulation models were developed in Arena software. As main results of this study, data of transportation times and models animations were obtained, allowing a better visualization of the process, which may assist, in future projects, managers in the decision-making process.

***Keywords**: simulation, transportation, logistics, physical flows, decision-making.*

1 INTRODUÇÃO

A logística na construção está relacionada ao planejamento eficiente da transferência de materiais e equipamentos dos fornecedores para o canteiro de obras de uma maneira economicamente eficiente (RUSHTON; OXLEY; CROUCHER, 2000). Para Silva e Cardoso (1998), as principais atividades da logística de canteiro são: gestão dos fluxos físicos, a gestão da comunicação e gestão física do ambiente de trabalho. Diferentes ferramentas podem ser utilizadas para explicitar os fluxos e proporcionar melhoria na transparência do processo, entres as mais utilizadas apresenta-se o Diagrama de Processos (DP), Mapofluxograma (MP) e Quadro de Fluxos de trabalho (ALVES; FORMOSO, 2000). Além destas, os modelos de simulação também podem ser considerados uma importante ferramenta que, de acordo com Costa (2015), trouxeram soluções para muitos problemas na execução dos serviços, tanto para os problemas logísticos quanto para o processo de tomada de decisões.

A simulação se tornou, nos últimos anos, uma parte importante dos Sistemas de Processamento da Engenharia (CLAYMER, 2002). Algumas vantagens dos modelos de simulação apresentadas por Freitas (2001) são: representação das condições reais do meio, criação de cenários futuros e elevação do índice de assertividade das decisões tomadas.

Este trabalho tem como objetivo principal a avaliação da utilização de ferramentas de simulação para a melhoria logística em canteiro de obras,

[1] FERNANDES, L.L.A., COSTA, D.B., PEREZ, C. T. Simulação como ferramenta para gestão logística em canteiro de obras: um estudo de caso em transporte de armaduras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

com foco no transporte de armaduras, baseado no contexto de empreendimentos habitacionais horizontais.

2 METODOLOGIA

Neste trabalho, a estratégia de pesquisa utilizada foi a simulação, com base em coleta de dados empíricos no contexto de dois empreendimentos habitacionais de interesse social.

A obra A (Figura 1) está localizada no município de Salvador-BA, possui área total de 150.000 m², 96 blocos e 1880 unidades e nela foram realizadas coletas de dados que subsidiaram a simulação realizada da obra B. A obra B (Figura 2), está localizada no município de Camaçari-BA e é constituída por 500 unidades de apartamentos distribuídos em 30 blocos. A simulação do transporte de armadura realizada para este estudo foi referente à obra B. A tipologia estrutural de ambas as obras é Paredes de Concreto moldado *in loco*.

Estas obras foram escolhidas por se tratarem de canteiros horizontais, de grande extensão, nos quais as operações logísticas têm bastante impacto no desenvolvimento da obra.

Figura 1 – Canteiro da obra A



Fonte: GETEC (imagem capturada pelo VANT do grupo de pesquisa)

Figura 2 – Canteiro da obra B



Fonte: GETEC

2.1 Coleta de dados

As coletas de dados em ambas as obras foram realizadas pelo Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC) da Universidade Federal da Bahia. Para tal, foram realizadas 3 visitas na Obra A e 6 visitas na Obra B. As datas de realização de coleta, fontes de evidência, ferramentas utilizadas e informações coletadas nas visitas às obras estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Informações referentes às coletas de dados realizadas nas obras

Data da coleta/ duração	**Obra**	**Fontes de evidência**	**Ferramenta**	**Informações coletadas**
29/02/16 10h	A	Observação direta, anotações de campo, documentação fotográfica, entrevistas não estruturadas.	Diagrama de processo e mapofluxograma	Sequenciamento das atividades de armadura e número de pessoas envolvidas no processo.
02/03/16 10h	A	Observação direta, anotações de campo, documentação fotográfica e videográfica.	Diagrama de processo e mapofluxograma	Atividades envolvidas na etapa de forma, concretagem e armadura, número de pessoas envolvidas no processo, tempos e distâncias envolvidas nas atividades de fluxo.
04/03/16 9h	A	Observação direta, anotações de campo, documentação fotográfica e videográfica.	Diagrama de processo e mapofluxograma.	Atividades envolvidas na etapa de armadura, número de pessoas envolvidas no processo, tempos e distâncias envolvidas nas atividades de fluxo, montagem das formas e etapa concretagem.
15 /12 à 21/12/16 4h por visita	B	Observação direta, anotações de campo, documentação fotográfica, entrevistas não estruturadas.	Diagrama de processo e mapofluxograma	Atividades envolvidas na etapa de armadura, análise de locais disponíveis para estoque de armaduras, rotas de fluxos físicos, número de pessoas envolvidas no processo, tempos e distâncias envolvidas nas atividades de fluxo, processamento das armaduras.
03/03/17 5h	B	Observação direta, anotações de campo, documentação fotográfica, entrevistas não estruturadas.	Diagrama de processo e mapofluxograma	Atividades de transporte envolvidas na etapa de armadura, análise de locais disponíveis para estoque de armaduras, rotas de fluxos físicos, número de pessoas envolvidas no processo, tempos envolvidos nas atividades de fluxo.

Fonte: Fernandes (2017)

As ferramentas DP e MP (Quadro 2) foram utilizadas para melhor compreensão do processo estudado e o sequenciamento das atividades. Estas ferramentas permitiram coletar as informações referentes ao fluxo das atividades do processo de instalação de armadura que depois seriam utilizadas como

dados de entrada nas simulações.

Quadro 2 – Símbolos utilizados nos Diagramas de Processo e Mapofluxogramas

Símbolo	Atividade
	Estoque: ocorre quando um objeto é mantido sob controle
	Inspeção: ocorre quando um objeto é comparado com um padrão estabelecido
	Transporte: ocorre quando um objeto é deslocado de um local a outro
	Processamento: ocorre quando um objeto está sendo processado

Fonte: Adaptado de Perez (2015)

2.2 Elaboração da simulação da Obra B

Os dados coletados nas obras A e B referentes aos tempos das atividades de transporte da armadura foram utilizados para simulação referente a obra B, utilizando o *software* Arena. O funcionamento conceitual de um modelo no Arena acontece da seguinte maneira: o usuário descreve todos os elementos estáticos (como recursos), estabelece as regras de comportamento e então, ao iniciar a simulação, os elementos dinâmicos (entidades) entram no modelo, interagem com os elementos estáticos e circulam conforme as regras estabelecidas (FIORINI, 2008).

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram analisados os transportes de armaduras nas obras A e B e foi testado para a obra B a mecanização do transporte no software Arena.

3.1 Fluxos de transporte e montagem de armadura nas obras estudadas

O Quadro 3 e a Figura 3 apresentam o Diagrama de Processo (DP) e Mapofluxograma (MP) da obra A.

Quadro 3 – DP do aço obra A

Material	No.	Atividades do Processo	Descrição
Armadura	A1		Inspeção visual das armaduras na entrada do canteiro
	A2		Transporte das armaduras do portão de entrada até local de estoque através de caminhão
	A4		Inspeção visual dos funcionários que recebem as armaduras
	A5		Estoque de armaduras no local do estoque principal
	A6		Soldagem e montagem das armaduras que estão no estoque
	A7		Transporte das telas de aço soldadas até local de processamento através de MT
	A8		Transporte manual dos vergalhões do local de estoque até local de processamento
	A9		Estoque das telas e vergalhões no local de processamento
	A10		Inspeção visual das telas e vergalhões
	A11		Montagem das armaduras
	A12		Inspeção visual do processamento das armaduras após conclusão
	A13		Correção de falhas observadas
	A14		Transporte manual do que sobrou das armaduras até estoque próximo ao local de processamento
	A15		Estoque das sobras das armaduras em local próximo ao local de processamento
	A16		Transporte das sobras das armaduras através de MT até local de estoque de dejetos
	A17		Inspeção visual dos dejetos

Fonte: Autores

Figura 3 – MP do aço na obra A



Fonte: Autores

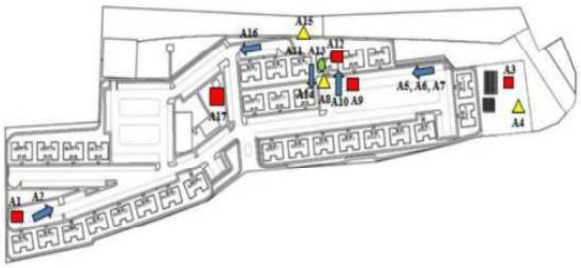
O Quadro 4 e a Figura 4 apresentam o Diagrama de Processo (DP) e Mapofluxograma (MP) da obra B.

Quadro 4 – DP do aço obra B

Material	No.	Atividades do Processo	Descrição
Armadura	A1		Inspeção visual das armaduras na entrada do canteiro
	A2		Transporte das armaduras (já soldadas e montadas) do portão de entrada até local de estoque através de caminhão
	A3		Inspeção visual das armaduras na chegada ao estoque
	A4		Estoque de armaduras no local do estoque principal
	A5		Transporte manual das telas de aço (laje) até o local de processamento
	A6		Transporte manual das telas de aço (paredes) até o local de processamento
	A7		Transporte manual dos vergalhões do local de estoque até local de processamento
	A8		Estoque das telas e vergalhões em frente ao local de processamento
	A9		Inspeção visual das telas e vergalhões
	A10		Transporte vertical através de corda das telas do estoque intermediário até o pavimento de processamento
	A11		Montagem das armaduras
	A12		Inspeção visual do processamento das armaduras após conclusão
	A13		Correção de falhas observadas
	A14		Transporte manual do que sobrou das armaduras até estoque próximo ao local de processamento
	A15		Estoque das sobras das armaduras em local próximo ao local de processamento
	A16		Transporte manual das sobras das armaduras até local de estoque de dejetos
	A17		Inspeção visual dos dejetos

Fonte: Autores

Figura 4 – MP do aço na obra B



Fonte: Autores

Foram observadas diferenças entre a execução do processo de armadura na obra A e na obra B, como pode ser visualizado no Quadro 5. O processo apresentado na obra A mostrou ser mais eficiente em relação ao B.

Quadro 5 – Diferenças no caracterização do transporte e processamento das armaduras nas obras A e B

Item	**Obra A**	**Obra B**
Transporte (estoque até o local de processamento)	Através de manipulador telescópico.	Manual
Planejamento de atividades	Bem definido, cada equipe possuía sua atividade. Os serviços eram executados diariamente em tempos semelhantes.	Não havia planejamento bem definido de atividades. Haviam operários ociosos e procurando por atividade.
Número de operários na equipe	6 (só trabalhavam com a armadura).	10 (eram responsáveis também por outras atividades).
Tempo total de transporte e montagem	Entre 3 e 4 horas.	Um dia de trabalho (6 à 8 horas).
Frentes de trabalho	Número determinado de frentes de trabalho. Outras frentes só poderiam ser abertas se as anteriores fossem concluídas.	Várias frentes de trabalho abertas para uma mesma equipe. Os blocos não tinham uma data definida para finalização.
Fase	80º bloco de 96	15º bloco de 30

Fonte: Autores

A Figura 5 ilustra transporte de armaduras na obra A e a Figura 6 ilustra o transporte de armaduras na obra B.

Figura 5 – Transporte de armadura com o manipulador telescópico (Obra A)



Fonte: GETEC

Figura 6 – Transporte manual de armadura (Obra B)



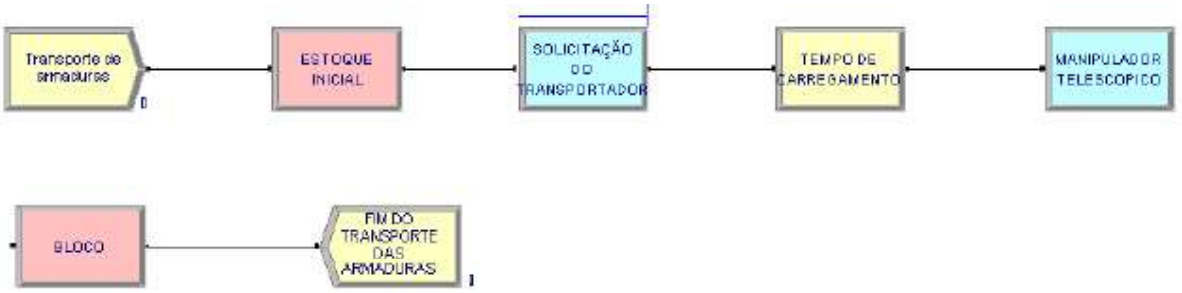
Fonte: GETEC

3.2 Elaboração do modelo no software Arena

Neste estudo, foi simulado para a obra B o uso de um manipulador telescópico (MT) com capacidade de carga 4000 kg e alcance de até 17m. O objetivo dessa simulação é a geração de dados de tempos e tornar o processo mais visual para quem está trabalhando em campo, facilitando a determinação de rotas, organização de estoques e layout do canteiro. Foi também simulado o transporte manual com o Arena e comparado com os dados coletados na

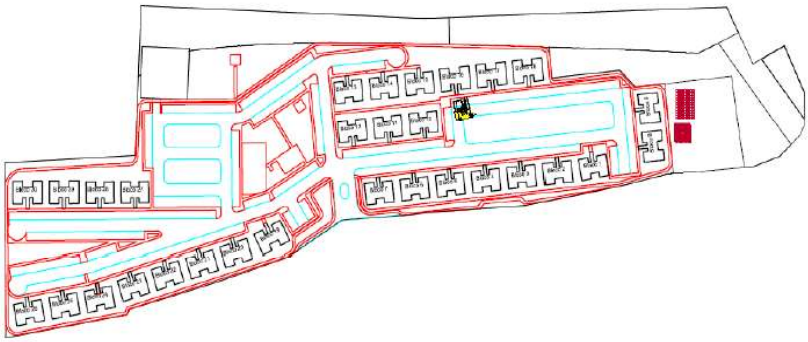
obra A. A Figura 7 ilustra o fluxograma e a Figura 8 a simulação do transporte de armaduras através do MT.

Figura 7 – Fluxograma para o transporte das armaduras utilizando o MT



Fonte: Autores

Figura 8 – MT se deslocando até o local de processamento de armadura



Fonte: Autores

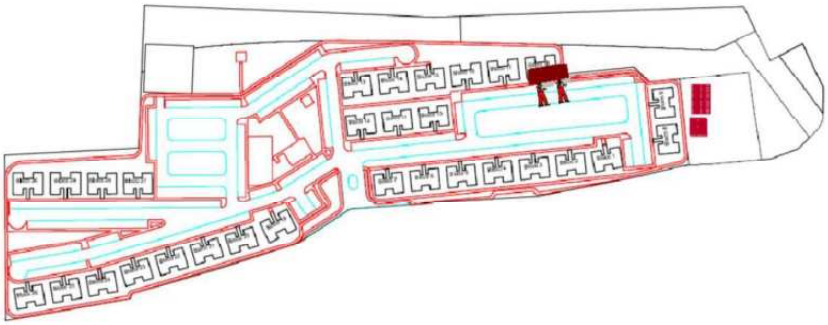
A Figura 9 ilustra o fluxograma e a Figura 10 a simulação do transporte manual de armaduras.

Figura 9 – Fluxograma da simulação considerando o transporte manual



Fonte: Autores

Figura 10 – Simulação do transporte manual de tela



Fonte: Autores

3.3 Resultados dos tempos simulados no software Arena e sugestões de melhoria

Para a simulação dos transportes utilizando manipulador telescópico, foi apontado no relatório emitido pelo software Arena que o transporte do total de armaduras levaria 11 minutos para ser concluído do estoque até o bloco em processamento. Já para simulação do transporte manual de armadura, o tempo de transporte foi de 3,36 minutos para cada tela, o que leva à 2h21min no total do transporte.

Foram levantadas algumas sugestões de melhoria para o processo de armadura da obra B: utilização do manipulador telescópico para transporte de armadura do local de estoque até o local de processamento; redução de 10 operários para 6, realocando os outros 4 operários para montagem de bandejas e outras atividades; abertura de uma frente de trabalho para a equipe de armadura por vez; pacotes bem definidos de atividades. Como a área e forma dos pavimentos tipo das obras A e B é muito parecida (em torno de 45 m² em forma de H), foi considerado que se os operários não precisassem fazer os transportes manuais e nem estivessem envolvidos em outras atividades ou outras frentes de trabalho, o tempo de processamento seria parecido com o da obra A. Assim, o tempo total incluindo o processamento e os transportes seria de 223,24 minutos, o que é equivalente a 3h 43 min, conforme pode ser observado no Quadro 6, o que indica uma redução de até 6 horas (63% do tempo total) no tempo de processamento e transporte na obra B.

Quadro 6 – Comparação dos tempos analisados

Tempo	Situação atual	Situação com as melhorias aplicadas
Tempo de transporte	2h21min	11min
Tempo de processamento	7h27min	3h43min
Total	9h48min	3h54min

Fonte: Adaptado de Fernandes (2017)

3.4. Principais benefícios obtidos a partir do modelo de simulação

A partir dos resultados obtidos, verifica-se a relevância que a simulação pode ter no processo de tomada prévia de decisão, especialmente no que se refere

à logística e gestão de fluxos físicos. O principal benefício do modelo construído foi a possibilidade de enxergar, sem necessariamente implentar, a vantagem em aderir o manipulador telescópico para o transporte da armadura, principalmente em relação a tempo e otimização da mão de obra. Nessa obra, analisando apenas o transporte de armaduras, foi apresentada a possibilidade de redução em 63% no tempo do processamento das armaduras e em 40% da equipe, reduzindo as perdas por transportes e aumentando a produtividade da equipe. A gestão da obra também poderia utilizar o modelo para verificação de rotas e estoques para redução de interferências e atividades que não agregam valor, especialmente transportes e estoques excessivos. Além disso, o modelo de simulação poderia ser utilizado em treinamentos e ser disponibilizado para toda a equipe, incorporando mais informações ao processo e tornando-o mais transparente. Assim, pode-se verificar com esse estudo que o modelo de simulação promove visualização prévia dos processos, identificação de problemas e gera oportunidades de melhoria.

Vale ressaltar que o modelo foi construído a partir de uma obra com as atividades já inciadas. Caso o modelo fosse construído antes da obra ser iniciada, as decisões poderiam ser tomadas previamente. As obras de parede de concreto do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) têm como principal característica um alto caráter repetitivo e a similaridade entre os projetos. Assim, alguns parâmetros utilizados para construção desse modelo podem ser utilizados para construção de modelos em empreendimentos futuros ainda em fase de projeto, para oportunizar a tomada antecipada de decisão, possibilitando a otimização dos processos.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal a avaliação da utilização de ferramentas de simulação para a melhoria logística em canteiro de obras, com foco no transporte de armaduras. Os resultados encontrados foram satisfatórios e a utilização da modelagem e da simulação em canteiro de obras pode ser um grande passo para minimização dos tempos gastos em atividades de transporte em canteiro e da diminuição dos tempos de ciclo de atividades que necessitem de uma melhor gestão de fluxos físicos. A simulação pode funcionar como uma ferramenta eficiente, principalmente em obras do programa MCMV, devido ao padrão parecido em diferentes empreendimentos e ao caráter repetitivo das atividades.

REFERÊNCIAS

ALVES, T.D.C.; FORMOSO, C.T. Guidelines for Managing Physical Flows in Construction Sites. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brigthon. **Proceedings**... Brigthon: IGLC, 2000. p. 17-19.

CLAYMER, J. R. Simulation-Based Engineering of Complex Systems Using EXTEND+MFG+OPEMCSS. In: WINTER SIMULATION CONFRENCE, 34., 2002, San Diego. **Proceedings**... San Diego: WSC, 2002. p. 147-156.

COSTA, J. T. **Modelagem 4D aplicada ao planejamento de curto prazo com práticas enxutas na construção civil.** Salvador, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

FERNANDES, L. L. A. **A simulação como ferramenta para gestão dos fluxos físicos e melhoria logística em canteiro de obras: um estudo de caso.** Salvador, 2017. Trabalho de conclusão de curso - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

FIORINI, M. M. **Simulação em Ciclo Fechado de Malhas Rodoviárias e suas aplicações no Brasil: Avaliação de Alternativas para o direcionamento de composições.** São Paulo, 2008. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FREITAS, P.J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas.** Florianópolis: Visual Books, 2001.

PEREZ, C.T. **Proposta de um método para identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos em canteiros de obras.** Salvador, 2015. Dissertação (Mestrado) **–** Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

RUSHTON A.; OXLEY J.; CROUCHER P. **The Handbook of Logistics and Distribution Management.** 2, ed. Londres: Kogan Page, 2000.

SILVA, F. B.; CARDOSO, F. F. A importância da logística na organização dos sistemas de produção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1998. p. 277-285.