

## **A ATIVIDADE COMO SUPORTE PARA PROJETO DE LAYOUT DE SISTEMA**

### ***THE ACTIVITY AS SUPPORT FOR THE DESIGN OF PRODUCTIVE SYSTEM LAYOUT***

Mayara Ramos<sup>1</sup>, M.Sc.  
Fernanda Gomes Faust<sup>2</sup>, M.Sc.  
Leila Amaral Gontijo<sup>3</sup>, D.Sc.  
Marcelo Gitirana Gomes Ferreira<sup>4</sup>, D.Sc.

*(1) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
e-mail: mayara.amos@gmail.com*

*(2) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
e-mail: fernandagfaust@gmail.com*

*(3) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
e-mail: leila.gontijo@ufsc.br*

*(4) Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)  
e-mail:marcelo.gitirana@gmail.com*

**Palavras-chave:** Análise Ergonômica do Trabalho; Produtividade; Layout

A produtividade é uma das maiores preocupações das indústrias. A ergonomia influencia diretamente neste aspecto, postos de trabalho e o layout das linhas de produção que seguem princípios ergonômicos melhoram as condições de trabalho e conseqüentemente, os trabalhadores tem melhor produtividade. Neste trabalho, por meio de uma AET, foram analisados os deslocamentos realizados no setor de montagem de uma fábrica de equipamentos de pilates, e como o layout do setor e os deslocamentos influenciam na produtividade do setor. Na montagem de um equipamento as trabalhadoras podem caminhar até aproximadamente 800m, e os deslocamentos são referentes a aproximadamente 35% do tempo de montagem. Foi proposto um novo layout para o setor, onde foram simulados os deslocamentos necessários para montagem dos equipamentos. A simulação demonstrou uma redução média de 75.25% na montagem de equipamentos. A redução dos deslocamentos pode também auxiliar na redução dos desconfortos de membros inferiores que foram relatados pelas montadoras.

*Key-words: Ergonomic Work Analysis, Productivity, Layout*

*Productivity is one of the main concerns of industries. Ergonomics has a direct influence on this aspect,*



*workstations and assembly lines that are guided by ergonomic principles improve work conditions, and consequently, increase workers productivity. Through an ergonomic work analysis, this paper analyzed trajectory movements made in the assembly department of a pilates equipment factory, and how the department layout and the movements reflect on the department productivity. On one equipment assembly, the workers may walk up to 800m, which correspond to 35% of the assembly time. The new layout was proposed, and the necessary trajectory movements were simulated. The simulation showed an average reduction of 75,25% on equipment assembly. The movements reduction may also help on the improvement of lower limbs discomfort reported by the workers.*

## 1 Introdução

A primeira finalidade da ação ergonômica é a transformação do trabalho. Essa transformação deve ser realizada para contribuir na concepção de situações de trabalho que não alterem a saúde dos operadores e alcançar os objetivos econômicos determinados pela empresa, em função dos investimentos realizados ou futuros [GUÉRIN, et. al. 2001].

A análise de uma situação de trabalho pressupõe um conhecimento global do processo de produção, visando atingir uma melhor compreensão das relações que existem entre o trabalho específico de um setor e o realizado pelo conjunto da empresa. A análise permite localizar as exigências globais de qualidade que podem impor constrangimentos específicos à realização de certas atividades [GUÉRIN et al.2001]. Para a ergonomia, o aperfeiçoamento do sistema homem-máquina-ambiente, pode ocorrer tanto na fase de projeto (máquinas, equipamentos e postos de trabalho), como na introdução de modificações em sistemas já existentes, adaptando-os às capacidades e limitações do organismo humano [IIDA, 2005].

No projeto de postos de trabalhos industriais a principal preocupação é na melhoria do desempenho dos equipamentos, se tem pouca consideração em combinar as habilidades do operador com os requisitos da tarefa. Como consequência, os postos de trabalho das indústrias são mal projetados [DAS, SENGUPTA, 1996]. Ao não observar a ergonomia do processo, as condições de trabalho resultam em perda de produtividade dos trabalhadores e produção final além de afetar a saúde do trabalhador [DAS, SENGUPTA, 1996]; [FIEDLER et al., 2009]. Nestas situações, comumente ocorrem fadigas,

posturas inadequadas gerando dores no sistema musculoesquelético do trabalhador, também ocasionando a redução do ritmo de trabalho e de raciocínio, o que pode levar a erros e ao seu afastamento por doenças ocupacionais [FIEDLER et al., 2009]. Uma maneira de minimizar esses problemas é a formação de um layout ótimo para o trabalho [FIEDLER et al., 2009]; [SHINDE, JADHAV, 2012].

Para a melhoria da produtividade nas indústrias de manufatura, a eficiência do trabalhador é um fator importante. A produtividade do trabalhador depende do projeto ergonômico do posto de trabalho [SHINDE, JADHAV, 2012]. A ergonomia não se limita à prevenção e eliminação de lesões de trabalho, ela pode também ser usada para auxiliar no aumento da produtividade. Trabalhadores fadigados estão mais propensos a lesões e tendem a diminuir seu ritmo de trabalho [RESNICK, ZANOTTI, 1997]. Uma abordagem ergonômica ao projeto de postos de trabalho industriais busca alcançar um equilíbrio entre as capacidades dos trabalhadores e os requisitos de trabalho para otimizar a produtividade do trabalhador e do sistema como um todo, assim como fornecer ao trabalhador bem estar físico e mental, segurança e satisfação do trabalho [DAS, SENGUPTA, 1996].

A organização de um arranjo físico (ou layout) é fundamental para a melhoria da organização espacial, dos aspectos ergonômicos e do aumento da produtividade dentro de uma organização. O layout interfere em toda cadeia produtiva e pode trazer resultados positivos; layouts específicos podem contribuir na redução de desperdícios [SOTSEK, BONDUELLE, 2016].

Muitos trabalhos/projetos de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) focam nos problemas advindos de esforços repetitivos, posturais e mobiliário, no

entanto neste artigo busca com apoio da AET avaliar os deslocamentos do setor de montagem de uma empresa, com a finalidade de propor melhorias na organização do setor e layout, minimizando deslocamentos desnecessários e maximizando as atividades do trabalho.

O estudo aqui apresentado foi realizado em uma empresa que atua na produção de equipamentos e acessórios de Pilates. Atualmente a empresa está localizada em São José, Santa Catarina, cidade pertencente à Grande Florianópolis. A empresa está no mercado há 4 anos e conta com 36 pessoas no seu quadro de funcionários. A AET aqui apresentada foi feita no setor de montagem.

Ao se fazer a análise ergonômica do trabalho foi formulada a hipótese de que os deslocamentos efetuados pelas colaboradoras do setor de montagem eram demasiados gerando sobrecarga nos membros inferiores e sensação de improdutividade. O objetivo desse estudo é desenvolver a análise de deslocamentos para o setor de montagem da referente empresa avaliando a influência do layout na produtividade do setor.

O layout é o estudo da distribuição espacial ou do posicionamento relativo dos diversos elementos que compõe o posto de trabalho, ou seja, como serão posicionados os diversos instrumentos de informação e controle existentes no posto de trabalho [IIDA, 2005]. Os procedimentos de layout determinam a forma de organizar o maquinário e departamentos para alcançar a minimização de tempo de produção, a maximização do volume de negócios e maximização da capacidade produtiva. A capacidade de reconfigurar um sistema de produção existente é um fator chave para manter competitividade no ambiente de negócios de produção [ROSA et al., 2014].

Desde 1930 vem se estudando o trabalho com o objetivo de descobrir métodos melhores e mais simples de se executar uma tarefa, nesse período os estudos de tempos e de movimentos foram usados conjuntamente, complementando um ao outro. A principal preocupação da área de estudo de movimentos e tempos é a definição de sistemas e métodos de trabalho, o objetivo é determinar o

método ideal ou o que mais se aproxima do ideal para ser usado na prática. Os termos projeto de trabalho ou estudo de trabalho já foram sugeridos para serem usados em lugar de estudos de movimentos e tempos [BARNES, 1977].

## 2 Método

Esse trabalho partiu da AET no setor de montagem da empresa previamente apresentada, que teve como demanda o estudo para a melhoria dos deslocamentos do setor de montagem. Trabalham no setor duas montadoras e uma supervisora de montagem, a atividade de trabalho do setor é a montagem final e embalagem dos equipamentos e acessórios.

Para projetar um posto de trabalho industrial, neste caso linha de montagem, [DAS e SENGUPTA, 1996], colocam a necessidade de obter informações relevantes ou dados do desempenho da tarefa, equipamentos, posturas de trabalho e ambiente. No caso de modificações, informações dos usuários ou operadores podem ser úteis para reforçar as recomendações feitas para melhoria do projeto do posto de trabalho/layout baseado em dados e princípios ergonômicos.

Para a análise da tarefa foram coletados dados por meio de observação direta e indireta por gravações de vídeo; mensuração do ambiente de trabalho e do mobiliário do setor; e entrevistas com as funcionárias. Com as observações dos vídeos, foi feita a análise de tempos e deslocamentos das funcionárias para a montagem dos principais equipamentos do setor. A partir dessa análise se obteve a origem e os destinos dos deslocamentos bem como seus objetivos. Tendo assim um conhecimento completo sobre o processo de trabalho da montagem, sub-montagem e embalagem efetuadas pelas colaboradoras.

Segundo [MUTHER, 1978], os problemas de arranjo físico geralmente recaem em dois elementos básicos: produto e quantidade (ou volume). Esses dois elementos representam a chave da resolução dos problemas de layout, pois o planejamento do arranjo físico de uma fábrica/departamento deve atender à produção de

determinados produtos em determinadas quantidades. Com as informações acerca do produto e da quantidade, devemos obter informações sobre o processo segundo o qual o produto será fabricado.

Esse estudo avaliou os deslocamentos e tempos da montagem dos quatro produtos de maior volume de produção, sendo eles: Cadillac (CD), Reformer (RF), *Ladder Barrel* (LB) e *Step Chair* (SC); que são os equipamentos básicos de um estúdio de pilates. Foi estabelecido o processo de montagem desses equipamentos e os trajetos realizados pelas montadoras. Logo estabelecido o processo de montagem médio (existindo diferenças entre as montadoras), foi determinado os deslocamentos comuns. O layout do setor foi modelado no *SolidWorks®*, o que permitiu a visualização espacial do setor e gerar a planta/mapa do layout. A mensuração dos deslocamentos foi realizada através do *Adobe Illustrator®* com o traçado dos deslocamentos definidos no processo na planta gerada pela modelagem. O tempo do processo de montagem se deu pela observação da duração dos deslocamentos, das principais operações de montagem e montagem de subitens. Com as distâncias dos deslocamentos e os tempos coletados, os dados foram catalogados e tabulados no *Microsoft Excel* gerando o deslocamento e tempo calculado para o processo de montagem dos equipamentos analisados.

Para o desenvolvimento de um estado futuro foi avaliado o processo de montagem atual, subtraindo os deslocamentos desnecessários. Deste estudo surgiu uma nova proposta de layout visando à melhoria da atividade de montagem minimizando os deslocamentos. Os deslocamentos dessa nova proposta foram simulados e mensurados da mesma forma que o estado atual a fim de confirmar a otimização do processo.

### 3 Desenvolvimento

#### 3.1 Análise de processo de montagem, atividades, tempos e deslocamento.

O estudo do processo de montagem dos equipamentos levou a identificação dos

deslocamentos, estes foram codificados e foi simulada a distância correspondente a cada um deles (Tabela 1). Os equipamentos não são montados em conjunto pelas montadoras, cada uma é responsável pela montagem inteira do equipamento, exceto para algumas atividades de deslocamento e movimentação de componentes maiores.

Origem	Destino	Cod.	Dist.(m)	
Posto	Estoque Componentes	1.1	5,81	
	Estoque Metais	1.2	4,98	
	Estoque Estofados (Embalagens atrás do posto)	1.3	3,61	
	Estoque Madeira CD e RF	1.4	8,31	
	Estoque de embalagens	1.5	9,95	
	Estoque do Almojarifado	1.6	8,57	
	Estoque Carrinho RF	1.7	5,18	
	Embalagem Bancada	1.8	3,61	
	Gabarito CD	1.10	5,1	
	Gabarito RF	1.11	1,7	
	Lixo	1.12	7,75	
	Fora	1.13	12,69	
	Rolo de Plástico Bolha	1.14	5,2	
	Papelão	1.15	8,4	
	Faca	1.16	4,13	
	Cavelete	1.17	7,81	
	Rolinho Plástico Bolha	1.19	5,36	
	Rebitadeira	1.20	4,85	
	Caixa de Ferramenta	1.21	1,35	
	Embalagem Bancada	Rolo de Plástico Bolha	2.1	3,91
		Fita Gomada	2.2	3,56
Caixa de Ferramenta		2.3	2,65	
Estoque de embalagens		2.4	6,76	
Estoque Madeira CD e RF		2.5	4,16	
Faca		2.6	5,33	
Gabarito CD		2.7	4,21	
Estoque Estofados (Embalagens)		2.8	6,4	
Fechar Embalagem		2.9	7,76	
Estoque Metais	Rebitadeira	3.1	6,66	
	Cavelete	3.2	1,88	
	Cavelete	3.3	4,28	
	Cavelete	3.4	4,65	
	Estoque do Almojarifado	3.5	13,5	
	Rebitadeira	3.6	3,55	
	Gabarito CD	3.7	5,85	

Tabela 1 Codificação e distância percorrida dos deslocamentos.

A distância percorrida durante a montagem do



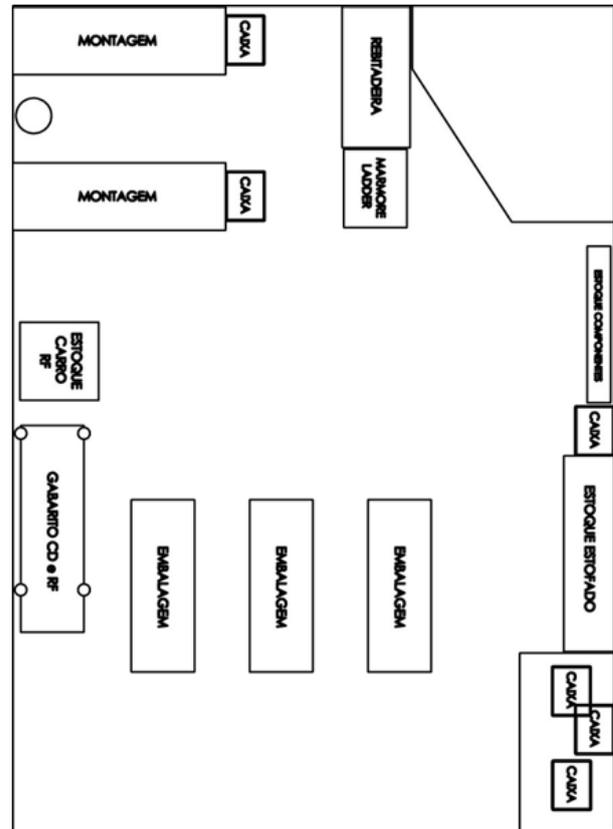
Tendo em vista as falhas do layout e processo de montagem identificados por meio da observação das montadoras em sua atividade de trabalho, foi desenvolvida uma nova proposta de layout e processo para o setor que visa maximizar a produtividade e minimizar os desconfortos na execução da atividade de montagem.

Dentre as mudanças necessárias percebeu-se a necessidade de remodelar e reorganizar os estoques e bancadas; definição e fixação de pontos de armazenamento de materiais e equipamentos de modo que estejam próximos ao local de uso, implementação de informações de segurança, entre outros.

A definição do novo layout teve como base a otimização do processo de montagem. Assim buscou-se que para montar um equipamento as montadoras passassem nos estoques apenas uma vez, e não diversas vezes como vem acontecendo no estado atual, para isso foi desenvolvido a ideia do carrinho de transporte. O carrinho poderá acomodar a caixa de peças do almoxarifado, e diversos componentes necessários na montagem. Porém isso só será possível com a mudança de layout mudando os fluxos do setor.

No Layout futuro considera que a montadora com o carrinho, irá até o estoque de almoxarifado pegar a caixa de peças, passar pelo estoque de estofados e passar no estoque de componentes para então ir até sua bancada de montagem. O layout também prevê uma área entre bancada de montagem e as bancadas de embalagem para ser feita a embalagem da *Step Chair* e *Ladder Barrel* (feitas no chão), de forma que não obstrua o fluxo de passagem. Do mesmo modo continue a existir um espaço entre a bancada de embalagem e os estoques de madeira do Cadillac e Reformer para a montagem dos cavaletes (sendo que esse talvez possa ser montado nas bancadas de embalagens). A Figura 2 mostra a o layout aqui proposto.

Figura 2 Proposta de layout.



## 4 Resultados

Com a definição do novo layout e estudando os fluxos necessários para o procedimento de montagem, novos deslocamentos seriam realizados para efetuar a montagem, esses deslocamentos são apresentados na Tabela 3, também são apresentadas estimativas das distâncias que seriam percorridas com considerando os ajustes recomendados para o layout e a implementação de um carrinho de apoio para as atividades de montagem.

Na montagem do Reformer, o processo sugerido apresenta um deslocamento calculado de 121,1m, tendo uma redução de 646,33m comparada a estimativa do processo atual. A Figura 3 mostra o deslocamento previsto para esse novo processo.

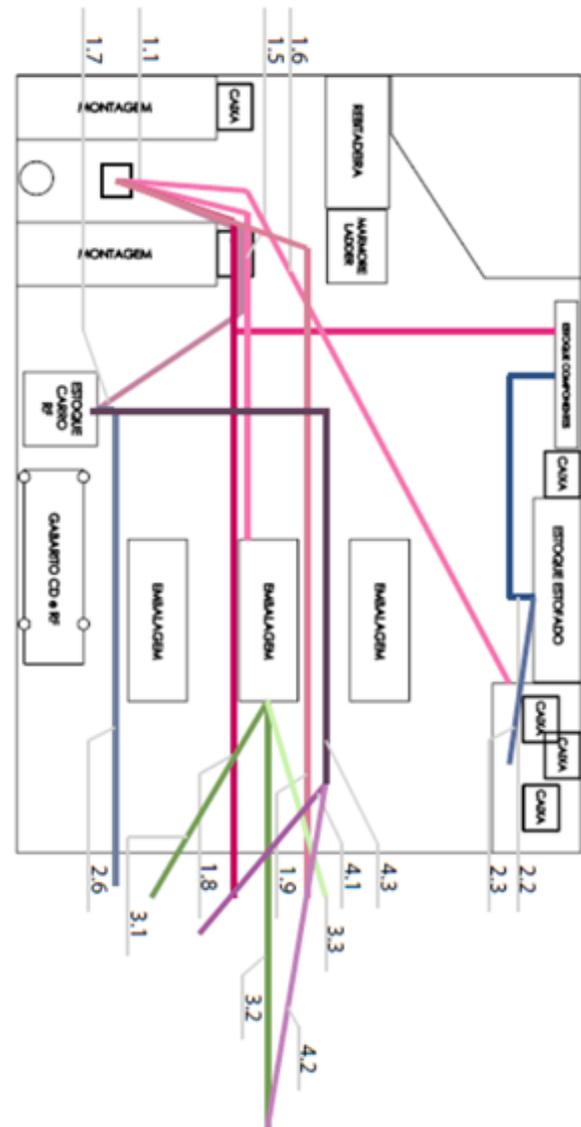


Origem	Destino	Cod.	Dist. (m)
Posto	Estoque consumíveis	1.1	7,525
	Bancada Rebite	1.2	2,829
	Estoque metais	1.3	6,855
	Gabarito	1.4	6,984
	Bancada embalagem	1.5	6,248
	Estoque almoarifado	1.6	9,203
	Estoque carrinho	1.7	5,194
	Estoque madeiras CD/RF	1.8	10,869
	Cavaletes	1.9	11,553
	base mármore	1.10	2,941
Est. Cons.	Bancada embalagem	2.1	3,866
	est. Estofados	2.2	3,957
Est. Almox.	est. Estofados	2.3	2,3
Est. Metais	Bancada rebite	2.4	2,025
	Gabarito	2.5	8,057
Est. Car	Estoque madeiras CD/RF	2.6	6,698
B. Embalag.	Estoque madeiras CD/RF	3.1	3,089
	Estoque de embalagens	3.2	5,8
	Cavaletes	3.3	2,78
	Estoque metais	3.4	6,387
	Gabarito	3.5	0,942
	Base mármore	3.6	3,688
Cavaletes	Estoque madeiras CD/RF	4.1	2,564
	Estoque de embalagens	4.2	4,749
	Estoque carrinho	4.3	8,273

Tabela 3 Deslocamentos para layout sugerido.

Já nas montagens dos outros equipamentos como *Ladder Barrel*, o processo sugerido apresenta resultados simulados de deslocamento calculado de 66,3m, tendo uma redução de 189,1m comparada a estimativa do processo atual. Na montagem da *Step Chair*, o processo sugerido apresenta um deslocamento calculado de 53,44m, tendo uma redução de 139,45m comparada a estimativa do processo atual. Por fim a montagem do Cadillac, o processo sugerido apresenta um deslocamento calculado de 166,33m, tendo uma redução de 398,21m comparada a estimativa do processo atual.

Figura 3 Deslocamentos processo sugerido – Reformer.



Considerando os produtos aqui apresentados, a porcentagem média da redução com deslocamentos ao montar o equipamento no layout simulado é 75,25%. A Tabela 4 apresenta a redução de cada equipamento.

Equipamento	D. Atual (m)	D. Previsto (m)	Redução (m)	% Redução
Cadillac	564,54	166,33	398,21	71%
Reformer	767,5	121,17	646,33	84%
Ladder B.	255,39	66,32	189,08	74%
Step Chair	192,89	53,44	139,45	72%

Tabela 4 Melhorias estimadas.

## 5 Discussão

A ergonomia deve ser aplicada desde as etapas iniciais do projeto de uma máquina, sistema, ambiente ou local de trabalho. Estas devem sempre incluir o ser humano como um de seus componentes. Assim, as características ou restrições das partes mecânicas, sistêmicas ou ambientais, para se ajustarem mutuamente umas às outras. A ergonomia contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais. Isso pode ser feito basicamente por três vias: aperfeiçoamento do sistema homem-máquina-ambiente, organização do trabalho e melhoria das condições de trabalho [IIDA, 2005].

O sistema homem-máquina, ambiente, organização do trabalho e a melhoria das condições do trabalho estão relacionadas às mudanças sugeridas no setor de montagem da empresa analisada, pois as alterações propostas no layout e dos fluxos no processo de montagem podem levar a melhor organização do trabalho e das condições de trabalho das funcionárias. A alteração no layout tem influências em questões produtivas e organizacionais de um lado, e de outro, questões pessoais e motivacionais dos funcionários.

Dentre os resultados do trabalho foi percebido o impacto que o layout tem sobre o processo de trabalho, logo na produtividade do trabalhador. Lembrando que [GUÉRIN et al., 2001] diz que atividade de um operador é influenciada por diversos fatores, alguns externos ao operador e outros internos, dentre os fatores externos estão os objetivos determinados pela empresa, como a meta de produção e os meios postos a sua disposição como mobiliários dispostos em um layout. Mudanças de layout e postos de trabalho resultaram em melhorias na produtividade e redução considerável dos níveis de fadiga e número de lesões no estudo realizado por [BATTINI et al. 2011], e [SOTSEK e BONDUELLE, 2016] observaram a redução do tempo de montagem (reduções em torno de 29% e 33%).

Ainda relacionado aos aspectos produtivos,

[FIEDLER et al. 2009] sugere que para um bom fluxo de produção, os equipamentos devem estar dispostos em linha reta, evitando-se ao máximo mudanças de fluxo em ângulos, além de evitar o retrocesso das peças. No estado atual isso não acontece, como mostra a Figura 1 muitos dos deslocamentos tem uma mudança de trajeto devido à disposição do mobiliário, o que foi reduzido na proposta de layout (Figura 2 e 3).

O layout possui valor quando é instalado para benefício dos usuários, que podem ser os operários ou os proprietários da empresa [MUTHER, 1978]. [FIEDLER et al. 2009] diz que a locação dos equipamentos quanto a sequência lógica de produção, distâncias mínimas necessárias entre máquinas, áreas destinadas a resíduos e locais necessários para pausas, entre outros fatores, favorece o ambiente de trabalho, trazendo motivação e qualidade de vida ao trabalhador, e pode gerar, assim, maior produtividade. Considerando nas simulações houve em média uma redução 75% dos deslocamentos no processo de montagem, espera-se que a capacidade produtiva no setor aumente e conseqüentemente o melhor rendimento do trabalho e motivação dos envolvidos.

## 6 Conclusão

O presente artigo tinha como hipótese que os deslocamentos efetuados pelas colaboradoras do setor de montagem eram demasiados gerando sobrecarga nos membros inferiores e sensação de improdutividade. Conclui-se que a essa afirmação pode ser considerada parcialmente correta. Os deslocamentos são demasiados, pois sua média de deslocamento é de 445m podendo chegar até 767,5m entre os quatro equipamentos analisados, podendo consumir em média 35% do tempo de montagem. A sobrecarga nos membros inferiores pode estar atrelada também a outros fatores, como por exemplo, a realização de todas as atividades em pé, falta de cadeiras de apoio no setor.

Dos objetivos do artigo, desenvolver a análise de deslocamentos para o setor de montagem, como resultado a simulação dos deslocamentos em um novo layout e com novos fluxos de trabalho

juntamente com a adoção de um carrinho de apoio demonstrou uma melhoria média de 75% dos deslocamentos, tendo uma redução média de 343m. No caso do Reformer chegou a apresentar uma redução de 646m representando 84%.

Para trabalhos futuros seria dado pela implementação do novo layout no setor de montagem da empresa, e verificar os resultados simulados; assim como estender os estudos para demais setores da empresa.

## 7 Referências

BATTINI, D. et al. *New methodological framework to improve productivity and ergonomics in assembly system design*. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 41, n. 1, p. 30–42, 2011.

DAS, B.; SENGUPTA, A. K. *Industrial workstation design: A systematic ergonomics approach*. **Applied Ergonomics**, v. 27, n. 3, p. 157–163, 1996.

FIEDLER, N. C. et al. Otimização do Layout de marcenarias no sul do Espírito Santo baseado em parâmetros ergonômicos e de produtividade. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 161–170, 2009.

GUERIN, F. et al. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 2005.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: Sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.

RESNICK, M. L.; ZANOTTI, A. *Using Ergonomics to Target Productivity Improvements*. **Computers ind. Engng**, v. 33, n. 12, p. 185–188, 1997.

ROSA, G. et al. Reorganizing the layout as a production optimization strategy. **Revista**

**Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 9, n. 2, p. 139–154, 2014.

SHINDE, G. V.; JADHAV, V. S. “Ergonomic analysis of an assembly workstation to identify time consuming and fatigue causing factors using application of motion study”.

**International Journal of Engineering and Technology**, v. 4, n. 4, p. 220–227, 2012.

SOTSEK, N. C.; BONDUELLE, G. M.

Melhorias em uma empresa de embalagens de madeira através da utilização da cronoanálise e rearranjo de layout. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 519–530, 2016.

## Agradecimentos

Os agradecimentos às instituições de apoio e fomento à pesquisa: Universidade Federal de Santa Catarina(UFSC), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico(CNPq)