

Automatização do sistema de conformação de colunas de aço para a construção civil: Um projeto oriundo de uma análise ergonômica

Leonardo Zammar (UTFPR) zammarleonardo@gmail.com

Oilson Luiz dos Santos (UTFPR) oilson.santos@hotmail.com

Gilberto Zammar (UTFPR) zammar@utfpr.edu.br

Fanny Kovaleski (UTFPR) fannyk92@hotmail.com

Andreia Antunes da Luz (UTFPR) andreia-luz@hotmail.com

Resumo:

O presente projeto constitui uma pesquisa que faz uma abordagem ergonômica em um processo de conformação mecânica. O resultado desta análise é a sugestão de automatização do processo, uma alternativa muito interessante e viável para a otimização de plantas industriais. O objetivo é desenvolver um sistema de acionamento da barra de pressão da máquina dobradeira de colunas, projetando um sistema hidráulico. Através de estudos e análises, foi dimensionado o atuador hidráulico e selecionados os elementos do sistema hidráulico e do sistema elétrico, com isto os objetivos foram atingidos, melhorando a posição do operador e minimizando os problemas posturais.

Palavras chave: Ergonomia, Automatização, Armadura para concreto.

Automation system conformation of steel columns for the construction industry: A project originating from an ergonomic analysis

Abstract

This is a research project that is an ergonomic approach in the process of mechanical forming. The result of this analysis is the suggestion of automating the process, a very interesting and viable alternative for the optimization of industrial plants. The goal is to develop a drive system of the pressure bar bending machine of columns, designing a hydraulic system. Through research and analysis, the hydraulic actuator has been designed and selected elements of the hydraulic system and electrical system, with the goals that have been achieved by improving the operator's position and minimizing postural problems.

Key-words: Ergonomics, Automation, Armor Concrete.

1. Introdução

Com a constante evolução tecnológica, têm-se no mercado, intensas necessidades de se

desenvolverem técnicas de trabalho que possibilitem ao homem o aprimoramento nos processos produtivos. Para se buscar a otimização de sistemas nos processos industriais, faz-se o uso da junção dos meios de transmissão de energia, sendo estes:

- Mecânica
- Elétrica
- Pneumática
- Hidráulica

Nota-se que a hidráulica vem se destacando e ganhando espaço como um meio de transmissão de energia nos mais variados segmentos do mercado. Amplas áreas de automatização somente foram possíveis com a introdução de sistemas hidráulicos para controles de movimentos.

A hidráulica permite automatizar grandes e pequenas empresas, levantar toneladas e ao mesmo tempo executar movimentos precisos e suaves, possibilitando operações repetitivas em máquinas de diferentes funções, gerando vantagens significativas para o processo produtivo em qual está inserida.

Com o objetivo de aprimorar o atual processo utilizado para produção de armaduras em aço (coluna), visando uma melhor adaptação do trabalho ao homem (operador), este trabalho apresenta uma sugestão de melhoria no sistema de acionamento da barra de pressão, na máquina dobradeira de colunas, através do auxílio da eletro-hidráulica, visando ganhos importantes para todo o processo, principalmente na segurança para o operador, na velocidade de operação e na qualidade do produto produzido.

1.1 Objetivo

Aprimorar o processo de produção das armaduras de aço (figura 1), reduzindo os riscos ergonômicos para o operador, projetando um sistema de acionamento para a barra de pressão, da máquina dobradeira de colunas DC-PGR01 (figura 2), utilizando um dispositivo eletro-hidráulico no qual um atuador será utilizado para realizar o esforço mecânico.



Figura 1 - Armadura de aço (coluna)

Com esta análise, espera-se obter ganhos em aspectos importantes do processo produtivo, tais como:

- Melhora na qualidade de trabalho do operador (esforços repetitivos);
- Melhora na qualidade do material produzido (menor índice de perdas);
- Redução no tempo de execução da operação (maior produtividade);



Figura 2 - Máquina dobradeira DC-PGR01

1.2 Justificativa

O crescimento acelerado da construção civil no Brasil tem levado as empresas do setor a buscarem novas soluções que atendam as expectativas dos consumidores e que as mantenham competitivas no mercado. As construtoras devem utilizar todos os recursos disponíveis que agilizem suas construções, evitando desperdício, e principalmente que o custo da matéria prima utilizada seja o mais baixo possível, sem abrir mão da qualidade e da segurança.

A armadura de aço para concreto armado, produzida fora do canteiro de obras, é um produto que atende a esse novo perfil de construções, isto porque possui inúmeras vantagens em relação ao sistema convencional de corte e dobra de ferragens.

O processo de transporte é feito em telas como mostra a figura 3, pois se as colunas fossem transportadas em sua forma final, o volume ocupado pela carga tornaria o processo inviável economicamente, então sendo transportado em forma de telas e com a transformação das telas em colunas já no local de distribuição representa uma grande vantagem no processo como um todo.

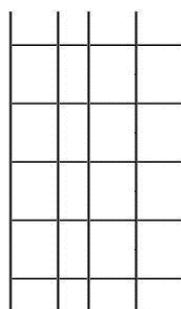


Figura 3 - Tela para coluna

Devido a sua boa aceitação no mercado, seu consumo tem aumentando a cada dia, por isso é importante que sua produção também aumente na mesma escala. Hoje, a maioria das máquinas que fabricam este produto funciona de forma totalmente manual, situação em que o operador fica mais vulnerável a acidentes, a produção se torna mais lenta e a ocorrência de defeitos de

fabricação mais comum.

Desta forma, a automatização desta máquina permitirá ter aumento na segurança para o operador, aumento na velocidade de produção e melhora na qualidade do produto, visto que teremos controle da força e do ângulo de dobramento.

1.3 O processo de dobramento

Neste item será feito uma pesquisa sobre o processo de dobramento.

a) Conformação Mecânica

Os processos de conformação mecânica são processos de fabricação que promovem a deformação plástica de um corpo metálico, mantendo sua massa e integridade, conciliando a qualidade com elevadas velocidades de produção e baixos custos de fabricação. Podem ser classificados (PROVENZA, 2006):

- Quanto ao tipo de esforço predominante;
- Quanto à temperatura de trabalho (a frio ou a quente);
- Quanto ao tamanho da região de deformação (localizada ou geral);
- Quanto ao tipo de produto obtido (semiacabado ou acabado).

b) Dobramento

Quando a força provoca somente uma deformação elástica, dizemos que se trata de um esforço de flexão. Quando esta mesma força produz uma deformação plástica, temos um esforço de dobramento (PROVENZA, 2006).

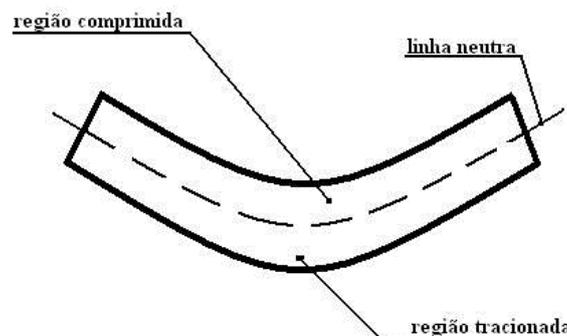


Figura 4 - Regiões afetadas pelo dobramento

c) Ensaio Mecânico de Dobramento Semi-guiado

As barras de vergalhões usadas na construção civil são materiais que além de apresentarem resistência mecânica devem suportar dobramentos severos, (90°, 120° ou 180°), durante sua utilização, e por isso são submetidos a ensaio de dobramento. O ensaio de dobramento nos fornece uma indicação qualitativa da ductilidade do material e deve ser executado seguindo os procedimentos descritos na norma ABNT NBR 6153-1988.

1.4 Armaduras de aço para concreto armado

1.4.1 Coluna

A coluna de aço (figura 1) é produzida, através de conformação mecânica, por dobramento das telas para colunas (figura 3). Estas telas possuem 6 metros de comprimento e são fabricadas com quatro barras de vergalhão CA50 com diâmetro de 8,0 mm, unidas por solda a vinte e oito barras de vergalhão CA60 com diâmetro de 4,2 mm, espaçadas a cada 20 cm. A solda garante maior rigidez e segurança se comparada as colunas normalmente produzidas no canteiro de obras e dispensa o uso de arame recozido para amarração dos estribos (GERDAU, 2010).

1.5 Dobradeira

1.5.1 Máquina Dobradeira DC-PGR01

A máquina dobradeira é dividida em duas partes, Base e Barra de Pressão (figura 5). A base está soldada a quatro apoios e estes estão fixados ao piso através de oito parafusos, o que lhe garante boa firmeza para os operadores efetuarem os procedimentos de dobra. A Base possui 34 cutelos para fixar a tela e determinar o local exato da dobra.

A barra de pressão está fixada a base por meio de seis dobradiças que lhes dão sustentação e permitem o seu deslocamento. Possui em suas laterais dois suportes para fixação de alavancas, as quais os operadores utilizam para efetuar a operação de dobra manualmente como mostra a figura 6.



Figura 5 - Base e Barra de Pressão



Figura 6 - Operadores efetuando a dobra da tela

2. Análise Ergonômica

De acordo com Santos e Fialho (1997), a tarefa é um objetivo a ser atingido. Neste sentido, sua análise coincide com a análise das condições dentro das quais o trabalhador desenvolve suas atividades de trabalho (FEITOSA,2005).

Os resultados deste estudo encontram-se descritos conforme a evolução das atividades de intervenção ergonômica.

As análises ergonômicas foram feitas através do software Ergolândia 4.0 na versão Demo, de acordo com os métodos descritos na sequência a seguir:

- a. OWAS – Tarefa 1 – pegar a barra;
- b. OWAS – Tarefa 2 – efetuar a dobra;

As análises foram feitas através de fotografias do operador pegando a barra, e efetuando a dobra.

2.2 OWAS

O Método Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) foi criado na Finlândia pela OVAKO OY em conjunto com o Instituto Finlandes de Saúde Ocupacional. Através da análise das posturas das costas, braços, pernas e do esforço do trabalhador, é encontrado uma categoria de ação.

A atividade de dobra das telas para formação das colunas foi analisada através do OWAS, e foi identificada a postura que provoca maior penosidade ao trabalhador.

3. Resultados

3.2.2 OWAS

a) Tarefa 1 – Pegar o barra

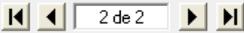
Nome do trabalhador	Operador 2	 POSTURA NO TEMPO
Empresa	Comercial de aço	
Setor	Conformação	 VÍDEO
Função	Dobrador	
Tarefa	1 Pegar a barra	 IMPRIMIR
Tempo nesta tarefa:	50 %	
Postura das costas	2 - Inclinada	 EXCLUIR
Postura dos braços	3 - Ambos os braços no nível ou acima dos ombros	
Postura das pernas	2 - De pé com ambas as pernas esticadas	 PROCURAR
Esforço	3 - Carga maior que 20 Kg	
Categoria de ação	3 - São necessárias correções tão logo quanto possível	 LISTA COMPLETA
		

Figura 7 - Resultado do método OWAS - tarefa 1 - pegar a barra

b) Tarefa 2 – Efetuar a dobra

Nome do trabalhador	Operador 2	 POSTURA NO TEMPO
Empresa	Comercial de aço	
Setor	Conformação	 VÍDEO
Função	Dobrador	
Tarefa	2 Operação de dobra	 IMPRIMIR
Tempo nesta tarefa:	50 %	
Postura das costas	2 - Inclinada	 EXCLUIR
Postura dos braços	1 - Os dois braços abaixo dos ombros	
Postura das pernas	4 - De pé ou agachado com ambos os joelhos flexionados	 PROCURAR
Esforço	3 - Carga maior que 20 Kg	
Categoria de ação	3 - São necessárias correções tão logo quanto possível	 LISTA COMPLETA
		

Figura 8 - Resultado do método OWAS - tarefa 2 – efetuar a dobra

4. Discussão

O objetivo deste estudo foi identificar os fatores de risco relacionados ao trabalho de um funcionário do setor de conformação, e os fatores capazes de influenciar na organização do trabalho envolvidos nas causas de queixas musculoesqueléticas. Considerando a metodologia e a análise de demanda utilizadas neste trabalho, a seguir apresenta-se uma discussão e as conclusões finais do estudo.

4.1 Considerações Sobre a Aplicação da Metodologia Ergonômica

A análise da demanda evidenciou o setor de conformação para realização deste estudo. Através da análise da fotografia da atividade identificaram-se alguns dos principais problemas, entre eles a postura dos costas.

A metodologia aplicada através do uso do software Ergolândia se mostrou eficiente, pois evidenciou os problemas identificados através da análise da fotografia da atividade de conformação das telas.

4.2 Condições Posturais e Biomecânicas do Operador

O método OWAS foi aplicado na atividade de dobragem, evidenciando que são necessárias correções tão logo quanto possível na postura de pegar a barra e efetuar a dobra.

Devido as análises dos resultados anteriores foi determinado uma intervenção profunda no processo, esta intervenção veio no sentido de automatização no processo de dobra das telas.

4.3 Projeto para melhorias

Após reuniões para discussão dos resultados apresentados ficou determinado que fossem iniciados os estudos para a automatização do processo de formação das colunas. Baseados em dimensionamentos dos componentes hidráulicos necessários para a execução das tarefas.

4.4 Materiais e Métodos

Desenvolveu-se um projeto eletro hidráulico para o acionamento da barra de pressão da máquina dobradeira de colunas, este projeto utilizou o processo de dobramento semi-guiado com alimentação manual da matéria prima, as bases de cálculo foram baseadas em Fialho (2006).

4.4.1 Forças

O primeiro passo para o desenvolvimento do projeto foi efetuar o ensaio de dobramento semi-guiado no material que será submetido aos esforços na máquina dobradeira. Com o ensaio de dobramento foi possível identificar a força necessária para dobrar as barras de vergalhões CA60 com diâmetro de 4,20mm.

Após este passo, foi determinada a força que é necessária para movimentar a parte móvel da máquina (barra de pressão), na sequencia determinou-se a força que o atuador hidráulico deverá efetuar no sistema.

Sabendo-se o esforço total que deverá ser aplicado pelo atuador hidráulico, iniciaram-se os cálculos para determinar as dimensões necessárias do atuador, da bomba hidráulica, das mangueiras, do reservatório e dos demais elementos do sistema.

4.4.2 Atuador Hidráulico

Sabendo-se o valor da força total de dobra iniciou-se o dimensionamento do atuador hidráulico, que será o Pistão Hidráulico PH01 com as duas extremidades articuladas. Elaborou-se um

Diagrama Trajeto x Passo (figura 9) para representar graficamente a sequência de movimentos desejados para o projeto. Com o diagrama, é possível visualizar os movimentos de avanço e retorno do pistão hidráulico além do momento e duração de cada movimento. A operação toda é realizada em dois passos.

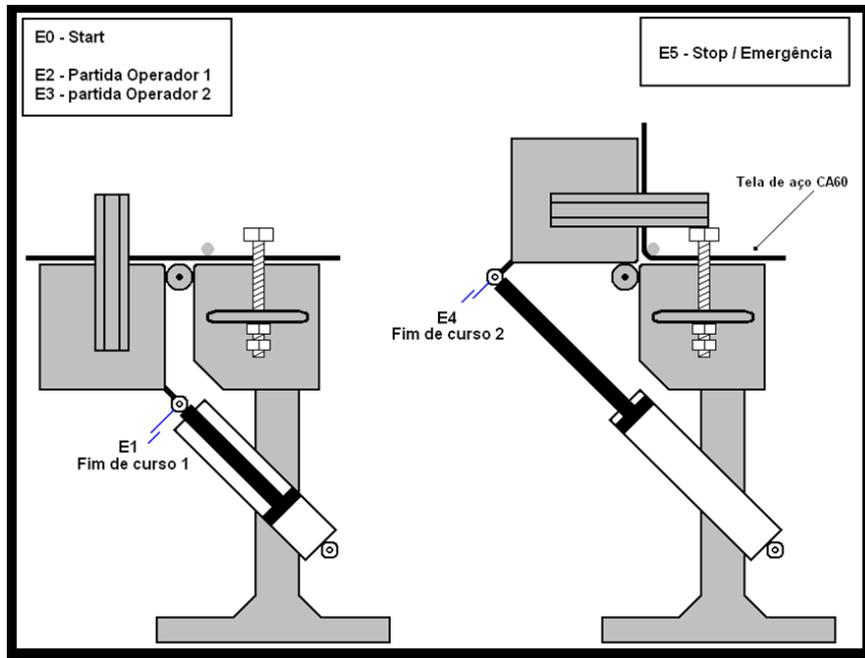


Figura 9 - Dispositivo automatizado para dobra

Sequência

1. A tela é posicionada manualmente sobre a Máquina DC PGR01, pinos de fixação garantem o paralelismo e perpendicularismo da dobra.
2. Aciona-se o botão E0 “START” para ligar o Motor Elétrico ME01 que irá acionar a Bomba Hidráulica BH01.
3. Os botões de partida E2 e E3 precisam ser acionados simultaneamente para ativar o ciclo de dobra, que só pode ser iniciado se o atuador PH01 estiver recuado e pressionando o fim de curso E1.
4. No fim de curso do atuador PH01 há o botão E4, que dará sequência para o término do ciclo de dobra, permitindo o retorno do atuador.
5. Há ainda um botão E5 “STOP” que desliga todo o sistema e também ativa a parada de emergência, caso necessário.

Trajeto x Passo

- Passo 1 – Dada a partida, botões E2 e E3, o atuador PH01 avança, movimentando a barra de pressão e efetuando a dobra da ferragem, transformando a tela em coluna. Ao atingir avanço total, pressiona botão E4.
- Passo 2 – O Botão E4 libera o atuador para seu retorno a posição inicial. Ao retornar o atuador PH01 pressiona o botão E1, liberando o sistema e possibilitando que os botões E2 e E3 acionem o início do próximo ciclo.

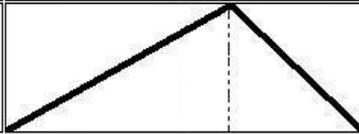
Componentes			Tempo (s)		
Função	Notação	Estado	00	06	10
Cilindro de Duplo Efeito	PH01	Avançado			
		Recuado			
Ciclo Completo			1º Passo	2º Passo	

Figura 10 - Diagrama trajeto-passo da operação do cilindro

4.5 Montagem do Sistema

Após dimensionamento de todos os elementos, verificou-se o posicionamento correto de cada um, de forma que não prejudicasse o trabalho do operador.

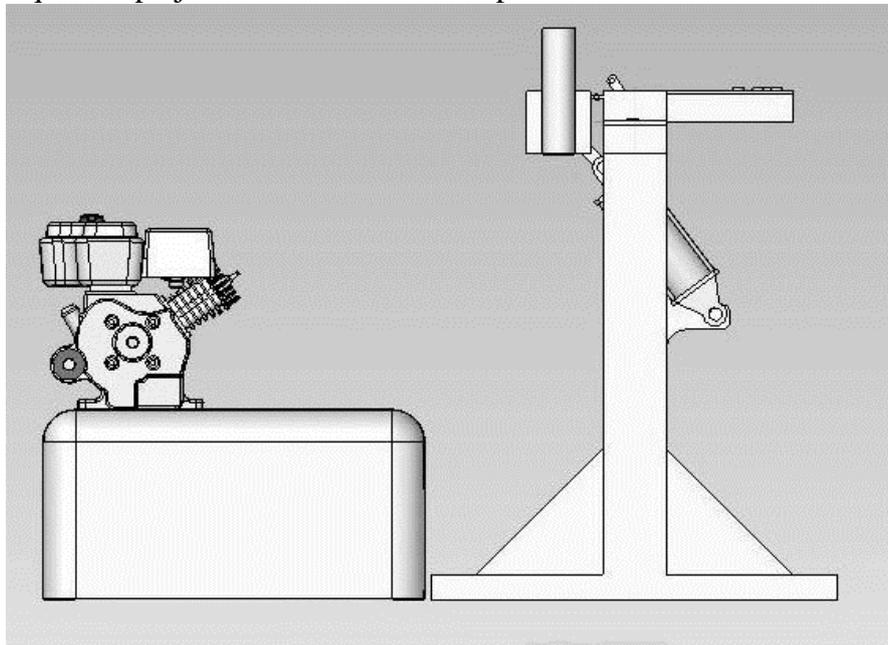


Figura 11 - Montagem do sistema hidráulico, vista isométrica

4.6 Circuito Hidráulico

A figura 12 mostra o diagrama do circuito hidráulico utilizado para o funcionamento do sistema. Este diagrama é formado pelos elementos abaixo:

- 1 Cilindro de dupla ação, curso de 180mm;
- 1 Válvula 4/3 vias centro fechado, centrada por molas;
- 1 Válvula limitadora de pressão;
- 1 Válvula fim de curso (FC);
- 1 Manômetro.

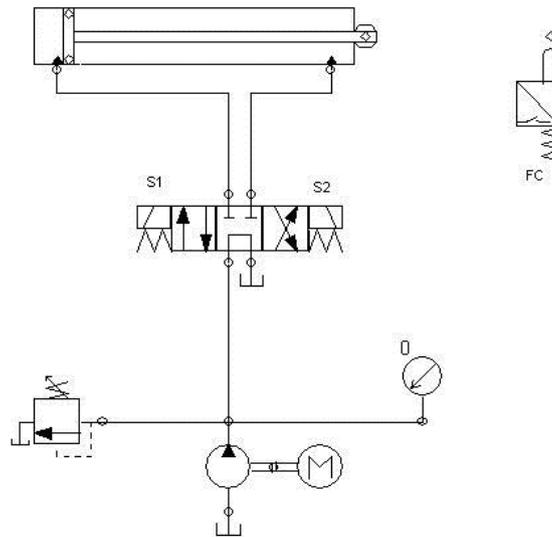


Figura 12 - Montagem do circuito de comando hidráulico

4.7 Circuito Elétrico

A figura 12, mostra o diagrama do circuito elétrico utilizado para o funcionamento do sistema. Este diagrama é formado pelos elementos abaixo:

- 5 Botões;
- 2 Solenóides (S1 e S2);
- 1 Motor trifásico;

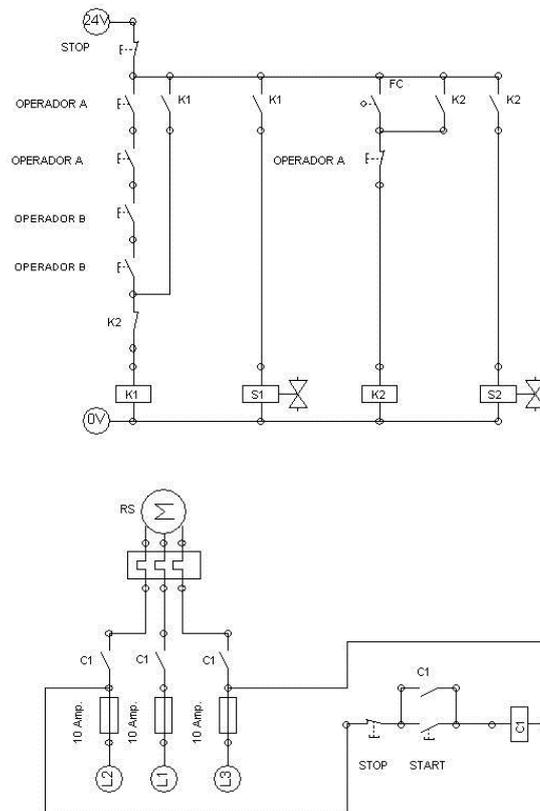


Figura 13 - Montagem do circuito elétrico

5 Considerações Finais

A análise ergonômica motivou uma ampla mudança no processo de fabricação de colunas para a construção civil, os operadores foram treinados e operam a máquina automatizada.

O tempo de fabricação não diminuiu, porém a qualidade do produto conformado aumentou e também foi possível manter o ritmo de trabalho constante durante todo o período, fato que foi muito valorizado pela empresa.

Os motivos de queixas dos operadores diminuíram e por consequência a satisfação com o serviço teve um incremento.

Estas ações ergonômicas são muito bem vindas, pois proporcionam a adaptação do trabalho ao ser humano, trazendo uma nova visão dos processos produtivos.

Referências

ERGOLÂNDIA. *Software de análise ergonômica. Versão 4.0 demonstrativa*, 2013.

FEITOSA, BRUNO C. MOREIRA, RAIMUNDO E. A. *Análise Ergonômica do Trabalho – Um estudo de caso em uma pequena empresa de perfumaria e cosméticos.* UNAMA, 2005.

FIALHO, A. B. *Automação hidráulica: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. 4.ed.* Erica, 2006.

GERDAU, *Catálogo de Produtos – Brasil,* 2010

OWAS. *Ovaco working analysis system.* 2013

PROVENZA, F. *Projetista de Máquinas.* São Paulo: F. Provenza, 1996.

SANTOS, N.; FIALHO, F. A. P. *Manual de Análise Ergonômica do Trabalho.* 2ª Edição. Curitiba: Editora Gênese, 1997.