

## Melhoria da qualidade de vida com a adequação e automação de um elevador de cargas

Filipe Marangoni (UTFPR) filipemarangoni@utfpr.edu.br  
Cesar Augusto Beilner De Oliveira (UTFPR) cesar.augusto.beilner@gmail.com  
Kender Jose Ruppenthal (UTFPR) kender\_ruppenthal@msn.com  
Samir de Oliveira Ferreira (UTFPR) sferreira@utfpr.edu.br  
Evandro André Konopatzki (UTFPR) eakonopatzki@utfpr.edu.br

### Resumo:

A modificação proposta e executada neste trabalho mostrou-se capaz de aumentar o nível de segurança do trabalho com a redução dos riscos ergonômicos e do ruído. Também pode reduzir o índice de manutenções corretivas devido, principalmente, ao desgaste das engrenagens do sistema de tração do fuso do elevador antigo. Este trabalho apresenta o projeto e execução de uma modificação realizada em um elevador monta-carga de um laboratório de análise físico-químicas e biológicas de um frigorífico. O elevador frequentemente sofria quebras e paradas devido à forma construtiva de alguns elementos. As modificações incluem mudanças no sistema do funcionamento do elevador, passando de um fuso com engrenagens para uma talha elétrica de corrente, automação do sistema elétrico, montagem de um novo quadro elétrico comandado por CLP, utilização de um inversor de frequência, sensores ópticos de barreira para as aberturas e sensores indutivos para identificação da posição do elevador. A estrutura e os dispositivos de sinalização e proteção foram dimensionados e seguiram as especificações das normas NR 11, NBR 14712, NBR NM 207. O novo elevador em um período de cerca de quatro meses (até a apresentação deste trabalho) não precisou sofrer nenhuma manutenção corretiva. Houve redução de 20 dB(A) no nível de pressão sonora de forma a garantir baixa emissão de ruído no ambiente de trabalho.

**Palavras chave:** Automatização, Risco ergonômico, Ruído, Segurança do Trabalho.

## Improvement of quality of life with the suitability and automation of a load elevator

### Abstract:

The proposed amendment and performed this work proved to be able to increase occupational safety level by reducing ergonomic rich and noise. It can also reduce the rate of corrective maintenance, mainly due to wear of the spindle of the old elevator drive system gears. This paper presents the design and implementation of a modification made in an elevator of a physical, chemical and biological analysis laboratory. The elevator often suffered breakdowns and stops due to the design of some elements. Modifications include changes in elevator operation of the system, from a spindle with gear for an electric chain hoist, electric system automation, installation of a new electrical panel controlled by PLC, using a frequency inverter, barrier optical sensors for openings and inductive sensors for identifying the lift position. The structure and signaling devices and protection were sized and followed the specifications of NR 11 standards NBR 14712, NBR NM 207. The new lift in a period of about four months (until the conclusion of this work) did not have to suffer no maintenance corrective. There was a reduction of 20 dB (A) sound pressure level to ensure low emission of noise in the workplace.

**Key-words:** Automation, Ergonomic risk, Noise, Workplace safety.

## 1. Introdução

Atualmente, devido à grande concorrência em todos os setores, as indústrias precisam cada vez mais aumentar e diversificar a produção, mantendo um bom nível de qualidade de seus produtos. Um produto de qualidade é aquele que possui condições de distinguir-se dos demais, atribuindo valor, e que atenda as expectativas e exigências dos clientes (Melhoria da Qualidade, 2014). Por isso tornam-se cada vez mais importantes áreas que visam melhorar a qualidade dos produtos nas empresas.

As análises de produtos e matérias-primas devem ser seguras, confiáveis e mostrarem os resultados mais próximos aos valores reais quanto possível. Assim, o transporte desses produtos, deve ser rápido e livre de contaminações.

Um elevador industrial, mesmo que utilizado para pequenas cargas, pode ser muito importante no processo produtivo, e como todo equipamento, suas quebras representam paradas, ou diminuição na produção, além de gerar despesas.

O elevador, objeto de estudo deste trabalho, situa-se no laboratório de análises físico-químicas e biológicas de uma agroindústria, que é um prédio de dois andares externo à área da indústria. Este elevador é utilizado para transportar produtos para análise, e também o material usado no laboratório, sendo a carga máxima permitida limitada em 100 kg. A altura de elevação é de aproximadamente quatro metros.

Este elevador é muito importante para a saúde e a segurança do trabalho pois com ele os trabalhadores não precisam carregar peso, sendo atendidas as condições impostas pela Norma regulamentadora NR-17 (Ergonomia).

O sistema de elevação (elevador) antigo contava com um motor monofásico, responsável pela movimentação do conjunto coroa e parafuso sem-fim. Esse conjunto funcionava como um redutor, diminuindo a número de rotações do motor e aumentando o torque transmitido ao fuso, que ao girar, movimentava verticalmente o carro do elevador. Porém, este sistema sofre com a falta de lubrificação, uma vez que o mesmo não se encontra em banho de óleo, resultando em um aumento do atrito gerado na movimentação das engrenagens e, conseqüentemente, aumento no ruído.

O ruído excessivo no ambiente de trabalho deve ser analisado e mitigado para não prejudicar a saúde dos trabalhadores.

O atrito decorrente da falta de lubrificação gera um desgaste excessivo na coroa do conjunto, devido principalmente à diferença da resistência dos materiais, já que o parafuso sem-fim é feito em aço, e a coroa, construída em náilon. Posteriormente esta coroa foi substituída por uma feita de bronze, contudo, os resultados continuaram insatisfatórios.

A partir de uma série de problemas que levavam a gastos relativamente elevados com manutenção, prejudicavam a produtividade do laboratório e apresentavam riscos à saúde dos funcionários do setor, houve a necessidade de realizar modificações a fim de aumentar a confiabilidade e disponibilidade do equipamento e, principalmente, melhorar as condições de saúde e segurança no local de trabalho. Assim, os principais problemas encontrados neste trabalho são aqui elencados:

- a) Despesas com manutenção: Segundo os dados obtidos no sistema de manutenção utilizado pela empresa, em um período de nove meses ocorreram nove paradas do elevador, com um custo estimado de R\$ 2.300,00 de mão de obra e material, sem contar os valores do processo de fabricação das engrenagens que precisaram ser substituídas. O número total de horas trabalhadas em tais paradas chegou aproximadamente a 53 horas.

- b) Ruído excessivo: Além do grande número de manutenções, o elevador também produzia um barulho muito elevado, prejudicando a concentração e atenção dos funcionários do laboratório. Alguns funcionários declararam ficar irritados com o barulho produzido pelo elevador, e de fato, a medição justificou o descontentamento.
- c) Ergonomia: Quando o elevador apresentava problemas, os funcionários precisavam deixar os seus postos de trabalho e utilizar as escadas para transportar os materiais para o segundo piso. Carregar materiais pesados exige esforço estático da musculatura dos braços, dos ombros e da coluna, isso pode causar lesões musculares, hérnias discais ou torções.
- d) Contaminação: Por se tratar de um laboratório de análises de alimentos, também deve tomar cuidado especial com a contaminação – seja física, química ou biológica – das amostras e produtos transportados. A nova estrutura é construída em aço inoxidável o que limitará a contaminação dos produtos pela oxidação do material da cabina. Há também uma facilidade na higienização do equipamento com a redução das dimensões da cabina, tornando uma limpeza com um pano e álcool (procedimento padrão do laboratório) mais rápida.

O principal objetivo deste trabalho foi readequar o elevador, modificando sua estrutura e comando elétrico, por meio de melhorias que visam à diminuição do número de paradas e o aumento do tempo médio entre falhas, reduzindo assim, conseqüentemente, os custos com manutenção e desperdício de tempo.

## 2. Materiais e métodos

Tanto o elevador antigo quanto o novo se encaixam na categoria de elevadores monta-carga conforme a NBR 14712:2013. De acordo com a mesma norma um elevador monta-carga é um elevador que se move entre guias, destinado para transporte de pequenas cargas, exclusivamente. O valor de carga nominal deve ser no máximo de 300 kg e as dimensões máximas internas da cabine devem ser de 1,0 m de largura por 1,0 m de comprimento e 1,2 m de altura.

### 2.1. Adequação de acordo com as normas

Para a realização deste trabalho, foram analisadas e utilizadas as normas NR 11, NBR NM 207:1999, NBR 5666:1977, NBR 10152 e NBR 14712:2013. Um resumo sobre cada uma será apresentado nos subitens a seguir.

A Norma Regulamentadora NR 11 estabelece os requisitos de segurança a serem observados nos locais de trabalho, no que se refere a transporte, à movimentação, à armazenagem e ao manuseio de materiais, tanto de forma mecânica, quanto manual, de modo a evitar acidentes no local de trabalho (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

Segundo essa norma os poços de elevadores de carga deverão ser cercados em toda a sua altura exceto em uma abertura. Quando o carro do elevador não estiver ao nível do pavimento esta abertura deverá ser protegida por corrimão ou outros dispositivos (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

A NR 11 também indica que especial atenção deve ser dada aos cabos de aço, cordas, correntes, roldanas e ganchos que deverão ser inspecionados frequentemente, substituindo-se as partes defeituosas.

A norma NBR NM 207, por sua vez, foi adotada a partir de 1999 no âmbito do MERCOSUL, que tem por objetivos definir regras de segurança a fim de proteger pessoas e objetos contra riscos de acidentes relacionados com as operações pelo usuário, de manutenção e de

emergência de elevadores (ASSOCIAÇÃO..., 1999).

A norma NBR NM 207:1999 trata dos requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores elétricos para passageiros, sendo que vários itens contidos nesta norma são utilizados para a NBR 14712:2013.

Analisando a NBR 5666, esta foi desenvolvida em 1977 para definir os termos empregados em instalações de elevadores elétricos em geral. Levando em conta desde os alarmes instalados, o comando, simples ou multi botões, até o dimensionamento de peso que o mesmo possa suportar (ASSOCIAÇÃO..., 1977).

Segundo a NBR 5666:1997, o carro é o conjunto formado pela plataforma, a armação e a cabina; a cabina é o conjunto formado por parede, teto e piso, montado sobre a plataforma e onde são transportados os produtos; a plataforma é a estrutura que contém o piso da cabina e no caso do elevador do laboratório foi construída com barras quadradas unidas entre si por meio de solda TIG; já a armação é a estrutura rígida onde são fixados a cabine, a plataforma e outros elementos, que no caso do elevador são as chapas onde são fixados os roletes e a estrutura onde é fixada a corrente da talha elétrica.

A norma NBR 10152 foi publicada em 1987 e teve sua versão corrigida em 1992. Tem como título Níveis de Ruído para Conforto Acústico. Esta NBR trata dos valores aceitáveis de ruído em diversos tipos de edificações. Esta norma não possui valores para laboratórios de análises microbiológicas e físico-químicas em geral, mas normatiza os valores para laboratórios de hospitais e laboratórios de escolas, e, em ambos os casos, esses valores são entre 40 e 50 dB. Portanto, estes valores também serão utilizados no projeto (ASSOCIAÇÃO..., 1992).

A norma NBR 14712:2013 foi desenvolvida para estabelecer os requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores elétricos e hidráulicos de carga, elevadores de maca e monta-cargas, e conta com uma atualização realizada no ano de 2013. Consta nesta norma, ainda, que os elevadores de carga devem conter todas as prescrições dos elevadores de passageiros, no que lhe for cabível (ASSOCIAÇÃO..., 2013).

Nos elevadores de carga é proibido o transporte de passageiros. Devem possuir placas indicando as condições de carga (como carga máxima permitida), ter a plataforma e portas metálicas de resistência definidas conforme a NBR NM 207:1999 (ASSOCIAÇÃO..., 2013).

A instalação seguirá as prescrições contidas na NBR 14712:2013 sobre elevadores elétricos, como os materiais, dimensões, indicações e outras questões técnicas utilizadas para garantir a segurança e funcionalidade da instalação.

## **2.2. Projeto de adequação e execução**

O projeto do novo elevador conta com um talha elétrica de corrente com capacidade máxima (indicada pelo fabricante) de 230 kg, instalada em uma estrutura metálica feita em aço inoxidável, que fica fixada as paredes do poço do elevador.

O elevador possui um sensor de segurança na parte superior, que desliga o sistema caso o elevador não pare de subir, seja devido a falhas na programação ou pelo não acionamento do sensor de nível, que se encontra imediatamente abaixo.

O motor utilizado possui freio eletromecânico, que mantém o equipamento freado e é liberado para o acionamento do motor, além de possuir um sistema de redução que não permite o avanço ou retrocesso em caso de falha do freio.

O Controlador Lógico Programável (CLP) utilizado neste trabalho é da marca Siemens, desenvolvido para utilizações industriais e domésticas de pequeno e médio porte. Contém oito entradas e quatro saídas sendo compatível com módulos de expansão.

Para a montagem do painel elétrico foram utilizados vários elementos responsáveis pela segurança dos componentes mecânicos e pelo correto funcionamento do equipamento. Os componentes utilizados neste trabalho, apresentados na Tabela 1, são os componentes disponíveis no estoque da empresa e que são normalmente utilizados em outros equipamentos.

Item	Quantidade
Quadro de comando	1
CLP Siemens LOGO! 12/24RC OBA6	1
Fonte Siemens LOGO! 24Vcc 5 A	1
Inversor de frequência Moeller 1,0 CX 380V 2,4 A	1
Disjuntor Trifásico Siemens 15 A	1
Disjuntor Monofásico Siemens 10 A	1
Disjuntor Motor 1,0A – 1,6 A	1
Sensor Indutivo PNP 20mm	4
Sensor Indutivo PNP 12mm	2
Conector SAK Siemens 2,5mm 8WA	27
Conector SAK Siemens 2,5mm Terra	4
Chave auxiliar frontal 1NA + 1NF	2
Borne Relé 2NA 24Vc	6
Caixa de Montagem PVC	1
Conector DOL Reto 5m M12	5
Conector DOL Reto 4m M12	1
Sensor Tipo Barreira PNP 12 mm Emissor	3
Sensor Tipo Barreira PNP 12 mm Receptor	3

Tabela 1 – Lista de componentes utilizados no quadro elétrico

Este material utilizado estava disponível no almoxarifado da empresa e, por este motivo não teve seu custo contabilizado.

Foram utilizados sensores de proximidade indutivos (tipo PNP) com distância Sensora Nominal (Sn) de 12 mm, e sensores ópticos tipo barreira, ambos com alimentação de 10 V a 30 V em tensão contínua.

Tais sensores são utilizados para desempenharem três funções básicas: Desenergizar o motor e acionar o freio quando o carro chega ao ponto desejado; Desligar o elevador e impedir que seja ligado novamente caso os sensores de nível falhem; Parar o motor e impedir que seja ligado novamente enquanto houver algum objeto nas aberturas do poço do elevador.

Como o carro do elevador antigo era mais pesado e maior que o necessário, optou se por construir um carro novo, que fosse mais leve e menor, já que os produtos transportados são, em geral, produtos pequenos.

Na construção do carro foram utilizadas chapas de aço inoxidável de 2 mm de espessura para a cabina, para a armação e a plataforma foram utilizadas barras quadradas de 50x50 mm. Após a construção da cabina, armação e plataforma, todos os componentes foram soldados, constituindo um único elemento.

A base superior é constituída de duas chapas que sustentarão o peso da talha, do carro e os demais esforços, que foram soldadas em cantoneiras através de solda TIG e onde serão fixadas as guias. No carro foram fixados dois roletes de náilon de cada lado, como mostra a

Figura 1, que possuem duas faces e se encaixam nas duas abas das cantoneiras. Tais guias tem a função de tornar o elevador mais firme, diminuindo a vibração e o movimento lateral.

Para as guias do carro, foram instaladas duas cantoneiras de abas iguais com dimensão de duas polegadas na aba. Nas partes superiores de cada uma das duas cantoneiras, foram soldados (com solda TIG) parafusos, que realizarão a fixação das cantoneiras às bases.

As bases onde foram fixadas as guias foram feitas utilizando-se barras quadradas de 50x50 mm, soldadas em chapas, que foram fixadas diretamente às paredes do poço do elevador.

Após a soldagem das chapas de fixação dos sensores na estrutura, foram passados os cabos de comando pelos eletrodutos, instalados os sensores e realizadas todas as ligações necessárias. A Figura 2 mostra uma vista frontal da nova estrutura com a localização aproximada de cada um dos sensores utilizados.



Figura 1 – Roletes fixados no carro do elevador novo e guias para o movimento

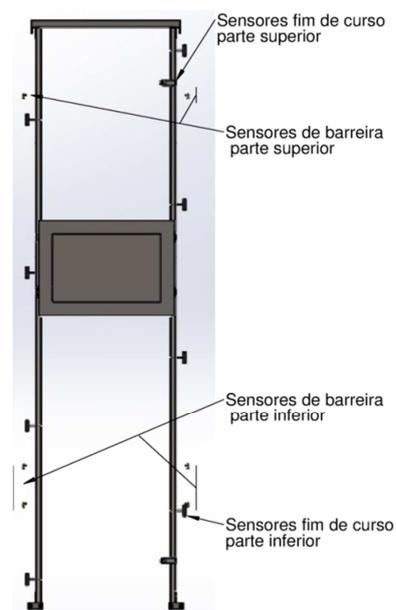


Figura 2 – Vista frontal da estrutura com a localização dos sensores utilizados na montagem

Após o término da instalação e da realização de testes do funcionamento, um extintor de incêndio foi posicionado nas proximidades, de acordo com a NBR 14712.

Para a criação do programa do CLP, foram definidas as entradas e saídas, e estudada a lógica necessária para o funcionamento do elevador junto com as funções do inversor de frequência que irá controlar a velocidade de rotação do motor.

Foram definidas como entradas digitais: botões de emergência, contato auxiliar do disjuntor motor, as botoeiras de chamada do elevador (subir e descer), os sensores das aberturas (abertura 1 e 2) e os sensores de nível (nível 1 ou piso inferior e nível 2 ou piso superior).

Como o número de elementos a serem utilizados como entradas excedeu o número disponível pelo CLP LOGO!, foram utilizadas ligações em série de alguns componentes a fim de diminuir o número de entradas necessárias.

Estão relacionadas às saídas do CLP as seguintes funções: sobe, desce, para e freio. Para definir o sentido de giro do motor, o inversor de frequência receberá através de uma entrada digital um sinal enviado pelo controlador.

Assim que o CLP recebe o sinal através das botoeiras de chamada do elevador, aciona a saída relacionada à liberação do freio juntamente com a saída correspondente ao sentido de giro que o motor para movimentar o carro na direção correta. A movimentação acontece até que o sensor de nível seja acionado, ou em caso de falha deste, o sensor de segurança.

A Figura 3 mostra a estrutura completa do novo elevador que foi instalado, projetada em CAD, com a identificação de todas as partes citadas.

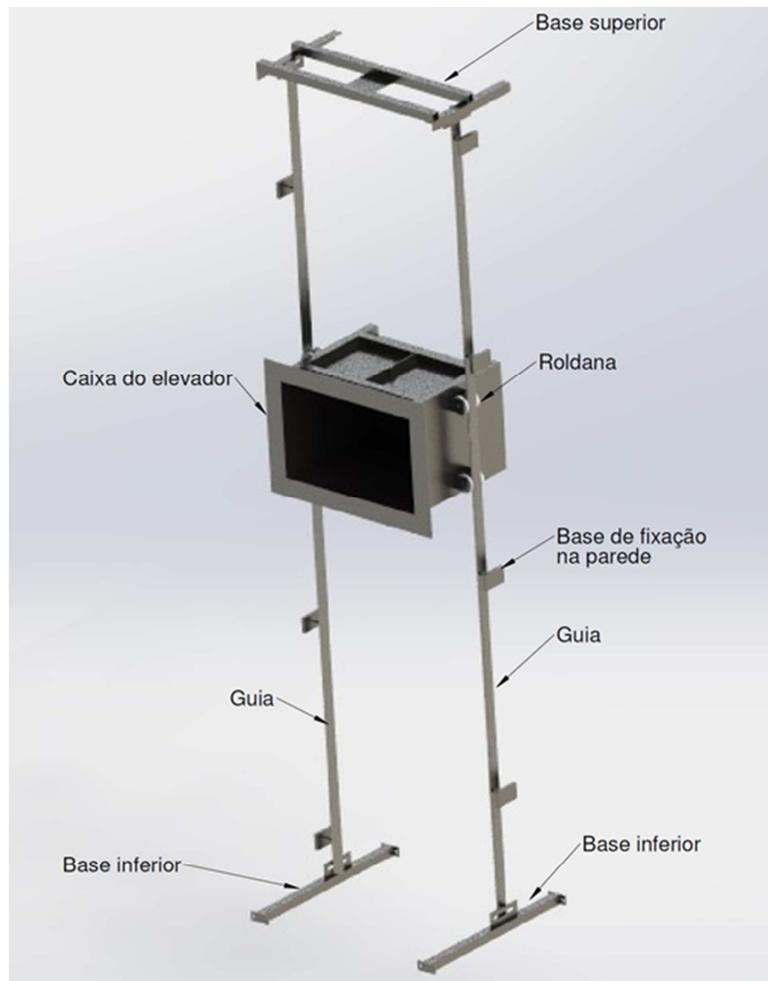


Figura 3 – Desenho da estrutura completa do elevador

A programação prevê que em caso de acionamento de qualquer um dos dois botões de emergência, localizados um em cada andar, o elevador irá parar seu movimento e exibir uma mensagem no display do CLP, até que o botão responsável pela parada seja desacionado.

### 3. Resultados e discussões

Um dos principais problemas que havia no elevador antigo era a questão do elevado ruído emitido que incomodava os funcionários do laboratório.

Para verificação desta questão e realização de uma comparação com o ruído gerado pelo novo sistema, foram realizadas algumas medições com um Medidor de Nível de Pressão Sonora (MNPS), comumente chamado de decibelímetro.

O ouvido humano é um órgão muito sensível que não reage igualmente a todos os tipos de frequências de ruído, sendo menos sensível em frequências muito altas ou muito baixas e

mais sensível a frequências intermediárias. Levando em consideração essa característica, os medidores de nível pressão sonora devem efetuar uma correção dos níveis de energia medidos para simular o comportamento do ouvido em relação à determinada frequência. Para efetuar essa correção os MNPSs utilizam quatro tipos de circuitos eletrônicos internos, circuitos A, B, C e D (ABEL, 2014).

O circuito A que é utilizado para curvas de baixo nível de pressão sonora, próximos de 50 dB, é o mais utilizado, pois a curva para o circuito B é considerada obsoleta, a curva para o circuito C é utilizada para medir ruídos de impactos e a curva para D mede ruídos muito altos, como em aeroportos (ABEL, 2014).

Foi disponibilizado pela empresa um medidor de nível de pressão sonora analógico, que, utilizado na curva A, exibe os resultados em decibéis dB(A).

As medições foram realizadas próximas à abertura do elevador, com o carro no andar superior. A adequação do sistema proporcionou uma redução média de 15 dB(A) sendo o máximo nível de pressão sonora medido de 69 dB(A).



Figura 3 – Medições realizadas com o decibelímetro com o elevador antigo e o novo

Mesmo esse valor estando acima do valor proposto pela NBR 10152, houve uma melhora significativa no conforto do ambiente de trabalho, de acordo com o relato dos funcionários do laboratório. Ainda assim o nível de pressão sonora ficou dentro do limite de tolerância exposto pela Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15), que é de 85 dB(A).

Um valor mais próximo ao ideal poderia ser alcançado caso fosse instalada um talha elétrica nova de modelo diferente, pois este modelo utilizado apresenta um ruído elevado proveniente do freio eletromecânico.

## 5. Conclusão

Após a instalação do novo elevador, não foi aberta nenhuma solicitação de serviço de manutenção até a conclusão desse trabalho (em um período aproximado de quatro meses).

Não foi realizada nenhuma manutenção corretiva devido à quebra de componentes, nem houve a necessidade de substituição de peças, gerando uma redução no custo com a manutenção deste elevador. Foi necessário realizar apenas as manutenções preventivas programadas para o período.

Em relação à emissão de ruído, houve uma melhora significativa em relação ao valor inicial, proporcionando um maior conforto para os colaboradores que trabalham no local.

### **Referências**

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico* - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR 14712: Elevadores elétricos e hidráulicos - Elevadores de carga, monta-cargas e elevadores de maca - Requisitos de segurança para projeto, fabricação e instalação.* Rio de Janeiro, 2013.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR 5666: Elevadores elétricos.* Rio de Janeiro, 1977.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR NM 207: Elevadores elétricos de passageiros - Requisitos de segurança para construção e instalação,* 1999.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NR 11: Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais.* Rio de Janeiro, 2001.

**SIEMENS.** *Manual LOGO!.* Edição 06/2003. Disponível em: <<http://www.siemens.com.br/upfiles/1401.pdf>> Acesso em: 20 julho de 2015.

**MELHORIA DA QUALIDADE.** Disponível em: <<http://melhoriadaqualidade.com.br/>>. Acesso em: 24 jun. 2015