

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

**KAIO MAJEWSKI MONTEIRO**

**CONFIABILIDADE HUMANA: CONCEITO QUALITATIVO APLICADO  
A METROLOGIA E TOPOGRAFIA A LASER**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2019**

**KAIO MAJEWSKI MONTEIRO**

**CONFIABILIDADE HUMANA: CONCEITO QUALITATIVO APLICADO  
A METROLOGIA E TOPOGRAFIA A LASER**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

**CURITIBA**

**2019**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Curitiba  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica  
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### CONFIABILIDADE HUMANA: CONCEITO QUALITATIVO APLICADO A METROLOGIA E TOPOGRAFIA A LASER

por

KAIO MAJEWSKI MONTEIRO

Esta monografia foi apresentada em 04 de outubro de 2019, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Kaio Majewski Monteiro foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr. Eng.  
Professor Orientador - UTFPR

---

Prof. Emerson Rigoni Dr.  
Membro Titular da Banca - UTFPR

---

Prof. Wanderson Stael Paris Dr.  
Membro Titular da Banca - UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico esta monografia a minha mãe Marilza e ao meu pai de coração, Rai; que sempre me direcionam às melhores escolhas. Ao meu tio Sérgio que é meu exemplo de pessoa e inspiração profissional. À minha esposa Alice por estar ao meu lado e compreender minhas aspirações.

Também ao meu orientador Prof. Marcelo Rodrigues, pelo apoio e incentivo no desenvolvimento do tema.

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este trabalho a todas as pessoas que, de alguma forma, fazem parte desta conquista. Meus Avós, dos quais trago os valores que me transmitiram. Aos meus Pais, que sempre incentivaram meus estudos e crescimento. Ao meu Tio, por sempre me auxiliar na minha trajetória acadêmica. Agradeço principalmente à minha esposa, por entender minhas demandas e assimilar minhas ausências. Por último, mas nem por isso menos importante, à minha filha Maya, que mesmo ainda em gestação, me encorajou nesta etapa da minha vida e para todas as outras que ainda estão por vir. A todos que direta ou indiretamente contribuem para meu enriquecimento humano e profissional, meu infinito obrigado.

O ser humano, como um bom vinho, pode aperfeiçoar-se com o tempo e com a experiência da vida, ao contrário das máquinas, que se deterioram com o tempo. Ambos, as máquinas e os seres humanos, possuem vida finita. (PALLEROSI *et al.*, 2011)

## RESUMO

Monteiro, Kaio. M. **Confiabilidade Humana: Conceito Qualitativo aplicado a metrologia e topografia a laser**. 2019. 53 f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

A tecnologia relacionada à metrologia e topografia que utiliza *laser-tracker* é relativamente nova na indústria. Os operadores desses equipamentos necessitam de treinamentos específicos para que possam seguir os procedimentos padrões das medições. Tanto os operadores quanto os equipamentos estão expostos a diversas condições de trabalho em um ambiente industrial. Estes fatores serão analisados de forma qualitativa sobre a perspectiva da confiabilidade humana. Os operadores são prestadores de serviços de uma empresa com sede em São José dos Campos, Estado de São Paulo, mas que possui uma filial, entre outras, localizada no município de Serra, Estado de Espírito Santo; a qual será nosso objeto de estudo. Os serviços são rotineiros, padronizados e referentes aos alinhamentos dos Segmentos da Máquina de Lingotamento Contínuo. O ambiente Industrial, o clima, o operador e o equipamento são algumas das variáveis que podem afetar um serviço metrológico. A confiabilidade Humana deve ser estudada pela equipe executante dos serviços de forma qualitativa, pois os fatores anteriormente elencados podem causar desvios durante as medições, estabelecendo oportunidade para possíveis falhas. Portanto é necessário compreender os fatores que podem afetar a confiabilidade durante as medições e buscar formas de mitigar ou eliminar estes fatores ou a sua influência.

**Palavras-chave:** Metrologia. Laser. Falhas. Confiabilidade Humana. Qualitativa.

## ABSTRACT

Monteiro, K. M. **Human Reliability: Qualitative Concept applied to metrology and topography by laser.** 2019. 53p. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

The technology related to metrology and topography that uses laser-Tracker is relatively new in the industry; equipment operators need training and to follow the standards for measurements. The operators as well as the equipment are often exposed to several situations in an industrial environment, these factors will be related to the human reliability demonstrated in a qualitative way. The study environment is a Continuous Casting Segment Workshop of a large steel mill company located at Serra, State of Espírito Santo. The operators are service providers of a certain company with a headquarter at São José dos Campos, State of Sao Paulo, and a branch located also at Serra. The services are routine, standardized and refer to the alignments of the Segments of the Continuous Casting Machine. The Industrial environment, weather, operators and the equipment are some of the factors that can affect a metrological service. Human reliability should begin to be studied by this company during these services in a qualitative way, since these factors can cause deviations during the measurements and allow opportunity for possible errors. Therefore, it is necessary to understand the factors that affect human reliability during measurements and to find ways to minimize or eliminate these factors.

**Keywords:** Metrology. Laser. Failures. Human Reliability. Qualitative.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 - Fluxograma das Atividades do Stand 1-14.....              | 19 |
| Figura 2.1 - Segmento do lingotamento Contínuo.....                    | 21 |
| Figura 2.4 - Laser Tracker OmniTrack2 .....                            | 24 |
| Figura 2.5 - Prisma Reflexivo.....                                     | 25 |
| Figura 2.6 - Princípio de Funcionamento .....                          | 25 |
| Figura 3.1 - Modelo do “Queijo Suíço”. .....                           | 30 |
| Figura 3.2 - O Modelo do queijo suíço de Causas dos Erros Humanos..... | 31 |
| Figura 3.3 - Classificação básica das falhas humanas.....              | 32 |
| Figura 3.4 - Mudança da posição do Laser-tracker.....                  | 35 |
| Figura 3.5 - Fator de Aprendizagem.....                                | 36 |
| Figura 3.6 - Índice de Estressamento.....                              | 37 |
| Figura 3.7 - Variação típica do Índice de Vigilância.....              | 38 |
| Figura 4.1 - Work-Sampling Stand 1-14.....                             | 46 |
| Figura 4.2 - Tabela de Avaliação de Estressamento.....                 | 47 |
| Figura 4.3 - Avaliação do Percentual de Estressamento.....             | 48 |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>14</b> |
| 1.1      | PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA .....  | 15        |
| 1.2      | OBJETIVOS .....   | 16        |
| 1.3      | JUSTIFICATIVA .....   | 17        |
| 1.4      | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....   | 17        |
| 1.4.1    | SEQUÊNCIA DO PROCEDIMENTO .....   | 18        |
| 1.5      | ESTRUTURA DO TRABALHO .....   | 20        |
| <b>2</b> | <b>EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS.....</b>  | <b>21</b> |
| 2.1      | LINGOTAMENTO CONTINUO .....   | 21        |
| 2.1.1    | OFICINA DE SEGMENTOS DO LINGOTAMENTO CONTINUO .....   | 22        |
| 2.1.1.1  | STAND DE ALINHAMENTO .....  | 23        |
| 2.2      | TOPOGRAFIA E METROLOGIA.....  | 23        |
| 2.3      | SERVIÇO .....   | 26        |
| 2.4      | LOCAL DE APLICAÇÃO .....  | 28        |
| 2.5      | SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO .....   | 28        |
| <b>3</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>   | <b>30</b> |
| 3.1      | FALHAS HUMANAS.....   | 32        |
| 3.1.1    | CLASSIFICAÇÃO DE ERROS .....  | 33        |
| 3.1.2    | TRANSGRESSÕES .....   | 34        |
| 3.2      | ATIVIDADES SENSORIAIS E COGNITIVAS .....  | 35        |
| 3.3      | ÍNDICES DE AVALIAÇÃO E DESEMPENHO .....   | 36        |
| 3.4      | INTERAÇÃO HOMEM-MÁQUINA .....   | 40        |
| <b>4</b> | <b>CONFIABILIDADE HUMANA PARA A OPERAÇÃO DO LASER TRACKER NO<br/>STAND DE ALINHAMENTO DA OFICINA DE SEGMENTO DA MÁQUINA 1. ....</b> | <b>42</b> |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSÃO .....</b>  | <b>51</b> |
| 5.1      | PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS.....  | 51        |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>52</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Filgueiras (1998), os incidentes que acontecem na indústria e na aeronáutica são causados em parte devido ao erro humano. Pesquisas mostram médias entre 60% e 90% de incidentes atribuídos a ação humana. Este trabalho visa relacionar a confiabilidade humana qualitativa às análises metrológicas e topográficas que utilizam máquinas optoeletrônicas de longo alcance comumente chamada de laser-tracker, para medições de controle dimensional, alinhamento e nivelamento de segmentos do lingotamento contínuo de uma usina siderúrgica. Campos (2010), menciona que medições incorretas ou inexatas podem conduzir a decisões erradas que podem ter consequências sérias na metrologia legal, como autuação indevida de empresas, desperdício de recursos materiais, financeiros e, até mesmo, perdas de vidas. As consequências humanas e econômicas de decisões erradas baseadas em medições inexatas podem ser incalculáveis. O American Petroleum Institute (2001), por meio da norma API 770 menciona que toda tarefa que deve ser executada por um ser humano constitui-se numa oportunidade para erro. Controle dimensional, alinhamento e nivelamento a laser são partes da metrologia, usualmente empregadas na indústria e possuem interfaces como homem x máquina, homem x computador, computador x máquina. Na presente dissertação nos manteremos no campo da interface homem x computador.

De acordo com Pallerosi (2008), confiabilidade humana é a probabilidade de que uma pessoa não falhe no cumprimento de uma tarefa em um determinado período de tempo, em condições ambientais apropriadas e com recursos disponíveis para executá-la. A abordagem da falha humana como algo inerente à nossa condição ganhou força e o foco passou a ser o gerenciamento do erro e não mais a luta para tentar evitá-lo. A partir das pesquisas em falha humana, constatou-se que é muito mais eficaz descobrir e tentar evitar os fatores que levam ao erro do que tentar combater a natureza humana falível (SOUZA e FIGUEIROA FILHO, 2011). Pallerosi (2008), menciona que as falhas humanas se subdividem em Erros e Transgressões, sendo os erros principalmente por falta de conhecimento, lógica e razão. Estes erros são divididos em deslizes e enganos. Enquanto as transgressões são classificadas em não-Intencionais e intencionais. Souza e Figueiroa Filho (2011) menciona que a rejeição à utilização dos procedimentos rotineiros é um dos principais fatores que

afetam a indústria. Por quatro motivos fundamentais, as pessoas preferem se basear na sua própria habilidade/experiências não aceitando o que outros preparam através de procedimentos. Outras pessoas assumem saber qual é o procedimento, portanto, não precisam segui-lo à risca. Algumas pessoas afirmam que se o procedimento for seguido à risca, não poderá ser levado a efeito no tempo desejado. E, por fim, as pessoas não são avisadas sobre a existências destes novos procedimentos.

### 1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

A metrologia utilizando *laser-tracker* de longo alcance é pouco difundida, mas comumente utilizada em meio aeronáutico. Indústrias da área da siderurgia, celulose, naval, civil e de energias começaram a utilizar está tecnologia em função da qualidade do resultado em um curto tempo. A metrologia a laser possui o custo mais alto que a metrologia convencional e a mão de obra existente capaz de operar o equipamento é escassa. De acordo com Vieira (2003) os aspectos pertinentes às máquinas optoeletrônicas portáteis para medição 3D são: a grande capacidade dimensional ou alcance de medição, precisão de medição, facilidade de utilização, alta portabilidade e velocidade de trabalho. Em uma Usina Siderúrgica localizada no município de Serra, no Estado do Espírito Santo, esta tecnologia é empregada dentro da Oficina de Segmentos do Lingotamento Contínuo de Aço, por uma empresa terceirizada. A empresa possui sua matriz em São José dos Campos e uma sede secundária em Serra. A função dos operadores deste equipamento é alinhar e nivelar os segmentos que são utilizados na área do lingotamento contínuo desta empresa, seguindo os padrões fornecidos e descritos. Entretanto, possíveis deslizos, ou até mesmo erros, podem ser cometidos durante as análises dimensionais. De acordo com a norma API 770 (2001), a solução para o aumento do desempenho humano nas tarefas de manutenção é o uso de *checklists* e procedimentos bem delineados em substituição aos tradicionais modelos narrativos. Então, a melhoria dos procedimentos é uma das principais ações para aumento da confiabilidade humana.

O *laser-tracker* deve estar sempre posicionado em local de baixa vibração ou movimentação. Entretanto, como a oficina fica localizada ao lado da área de carregamento de placas do lingotamento, o movimento das pontes-rolantes causa

vibrações nos *stands* onde o laser é apoiado. Ou seja, o ambiente de serviço pode não estar sempre adequado. A vibração pode causar movimentação do *laser-tracker* e dificultar a leitura dos rolos do segmento para o alinhamento e análise final, que consiste em uma interpretação do resultado do *software*. O operador de *laser-tracker* deve possuir treinamento para operar o equipamento e o *software*. O controle dimensional realizado por *laser-tracker* constitui-se de interfaces 'homem x máquina', 'homem x computador' e 'máquina x computador'. Mas parte dos operadores que trabalham com este equipamento possuem tempos diferentes de experiência e *know-how*, o que pode afetar a confiabilidade nos resultados sob o aspecto humano. O trabalho demonstra que possíveis erros de medição podem acontecer por uma série de fatores que se alinham. Quando estes fatores se apresentam, deve-se buscar a forma de reduzir ou eliminá-los.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar os aspectos qualitativos relacionados a confiabilidade humana para a atividade de medições metrológicas e topográficas em processos de alinhamento de segmentos do lingotamento contínuo 1.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o problema da medição topográfica e metrológica durante a sequência do procedimento padrão em um ambiente industrial.
- Demonstrar a importância de procedimentos padrões descritos corretamente e um ambiente industrial favorável.
- Caracterizar o perfil do operador e a forma de serviço.
- Obter uma análise qualitativa da confiabilidade humana relacionada a transgressão, reação sensorial, estresse, aprendizagem humana, acidentes e psicopatias.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

As falhas humanas que ocorrem devido ao ambiente, omissão, falta de padrões ou conhecimento técnico tornam um processo, que deveria ser ágil, em longo e árduo, tanto para o operador do *laser-tracker* como para os mecânicos que realizam as correções de alinhamento. Reduzindo ou eliminando as possibilidades de erro, as análises metrológicas referentes aos alinhamentos do segmento do lingotamento contínuo podem ser mais rápidas e acertivas. Após o alinhamento dos segmentos, os mecânicos podem dar continuidade aos serviços referentes ao fechamento do segmento para entrada na máquina de lingotamento, não afetando assim a linha de produção ou tempo de serviço programado. Conhecendo os fatores que podem afetar as medições, referentes à confiabilidade humana, existe a possibilidade de buscar novas formas de trabalho e atualização para melhoria do padrão. A motivação para o estudo da confiabilidade humana, relacionada ao alinhamento dos segmentos do lingotamento contínuo, é a busca do aumento da vida útil dos segmentos, da redução do volume de quebra ou danos aos rolos dos segmentos e no aumento do nível de qualidade assegurado pela análise metrológica. A redução do tempo dispendido em paradas não programada, bem como a redução do tempo necessário para alinhamento do segmento, em função de um procedimento padrão mais confiável, resultará no aumento de disponibilidade do equipamento para produção.

### 1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho descrito nesta monografia pode ser caracterizado como diretamente aplicável, pois gera conhecimento prático e específico. A forma da abordagem realizada é qualitativa, visto que o comportamento de operadores e sistemas são analisados. Através da análise qualitativa é possível entender motivações para ações, compreender e interpretar comportamentos e tendências, encontrar possíveis hipóteses para um problema, descobrir e relacionar opiniões e expectativas de indivíduos. O trabalho tem cunho exploratório, descritivo e explicativo.

Os procedimentos técnicos adotados são, (I) pesquisa documental, relacionada aos procedimentos padrões de medições; (II) Pesquisa Bibliográfica, relacionada a

artigos e trabalhos que versam sobre o tópico de estudo;(III) Pesquisa de Campo, por ser um trabalho realizado diariamente na Oficina de Segmentos; (IV) Aplicação dos aspectos teóricos relevantes às situações práticas observadas.

A técnica de coleta de dados acontece através de documentos da empresa, Observação de campo e levantamento bibliográfico.

#### 1.4.1 SEQUÊNCIA DO PROCEDIMENTO

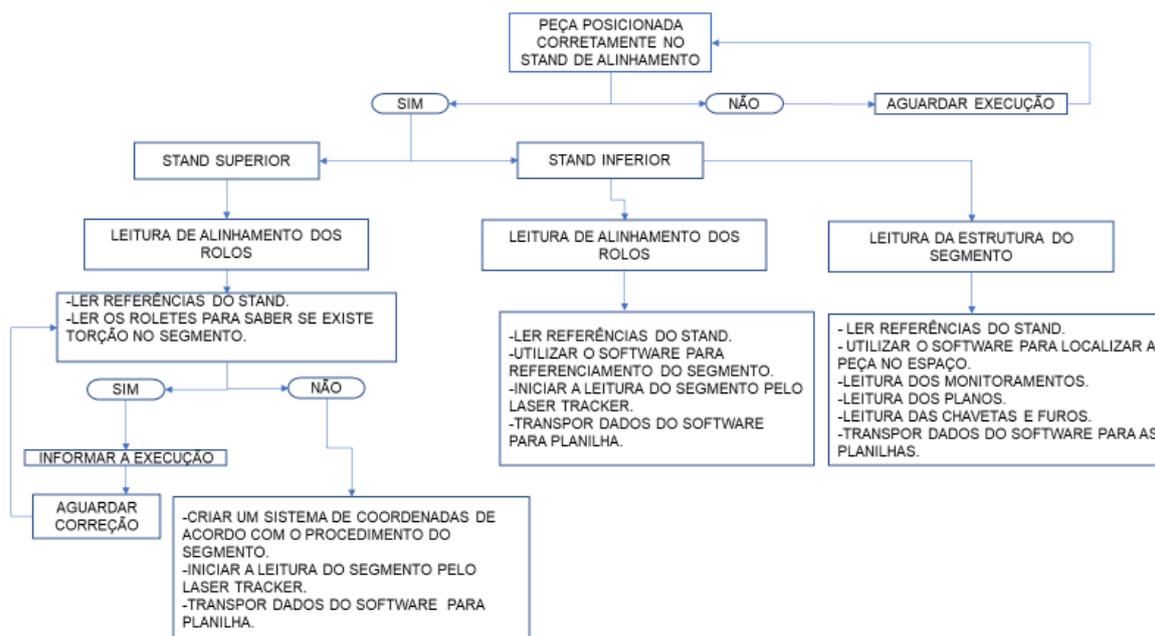
O trabalho consiste na observação da forma como é empregado o serviço de metrologia na oficina de segmentos do lingotamento contínuo. O *laser-tracker* é um equipamento de medição muito sensível, montado sobre tripé ou um flange que pode ser fixado no *stand* de alinhamento do segmento. Existem dois tipos de stands um superior que é móvel e o inferior que não pode ser movimentado. No *stand* superior existe a necessidade de realização de um travamento antes da leitura ser iniciada. Após montado o equipamento *laser*, o Computador é ligado e conectado via *wireless* com ele. O usuário inicia a Interface do *software*, conhecido por *Spatial Analyzer*, e conecta o *laser* a esta interface; então é necessário aguardar alguns minutos após ligar, quando então ele poderá ser utilizado, iniciando a leitura dos rolos ou estrutura dos segmentos. A forma de estudo de campo é empírica e as fontes de estudo serão os operadores de laser e o equipamento. Após posicionado o *laser* para iniciar a leitura do segmento na oficina, a interface deve mostrar que o laser está aquecido, conectado e pronto para ser utilizado.

O primeiro passo para iniciar a leitura metrológica é observar se o tripé está realmente travado ou a flange realmente fixada, para que vibrações ou movimentações não alterem o resultado da leitura. A partir deste ponto, segue-se um padrão determinado para alinhamento de cada segmento. Durante a leitura é possível verificar se houve movimentação do equipamento. Se as referências estiverem alinhadas utiliza-se um recurso do *software*, que permite que o *laser* se localize de acordo com o sistema de coordenadas dado para as referências padrão. Mas o ambiente da oficina de segmentos possui alta movimentação de pessoas que precisam buscar ferramental ou calços, os quais ficam dispostos em armários próximos ao Stand de alinhamento. Ao lado da oficina, existem também os veios do lingotamento, onde são fabricadas as placas de aço e onde ocorrem movimentações

bruscas de carga suspensa. Ou seja, toda vez que as cargas suspensas são abaixadas, ou as pessoas andam próximo ao *laser*, existe a possibilidade de uma interferência nas leituras das medidas. Por isso, existe a necessidade da realização de uma checagem das referências. Outro possível fator de introdução de erro na leitura é a qualidade dos procedimentos padrões. O nível de detalhamento destes documentos é compatível apenas com empregados com maior experiência. Porém vários operadores de lasers são de contratação mais recente.

Após a leitura referente ao segmento, inicia-se a análise através do *software*. A análise estará totalmente a cargo do operador, o qual tomará as decisões baseadas em conhecimentos prévios sobre alinhamento, nivelamento e análise espacial. Existe a necessidade de questionar os operadores para saber quais tiveram treinamento específico e quais não. Por este motivo, como este trabalho é pioneiro dentro desta instituição, a pesquisa inicial é exploratória e poderá constituir como uma base para futura e mais abrangente e detalhada pesquisa. Pois ainda não existe uma estruturação de pesquisa nestes moldes. Contudo a pesquisa qualitativa poderá auxiliar na relação da confiabilidade humana e trabalho metrológico. Na figura 1.1, através de um fluxograma simplificado, estão demonstradas as atividades que podem ser realizadas sobre os Stand dos segmentos 1-14

Figura 1.1 – Fluxograma das Atividades do Stand 1-14.



Fonte: Autor (2019)

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 5 capítulos, desenvolvidos como descrito a seguir. O capítulo 1 realiza a introdução com uma breve apresentação do trabalho e dos tópicos que serão abordados, objetivos gerais e específicos e a justificativa do objeto de estudo.

O Capítulo 2 apresenta os conceitos de *laser-tracker*, lingotamento contínuo e oficina de segmentos, juntamente com o delineamento de como é realizado o trabalho diário de *laser-tracker* na oficina de segmentos. Também consta neste tópico o que é a metrologia e onde existe a possibilidade de ocorrência de Falhas e por qual motivo.

O Capítulo 3 define o que é confiabilidade humana qualitativa. Explicita a classificação das falhas humanas, atividades sensoriais e cognitivas, índices de avaliação de desempenho, relação homem-máquina, desenvolvimento de aprendizagem e acidentes.

O Capítulo 4 demonstra a relação entre a confiabilidade humana e o serviço de metrologia. Um exemplo da atividade será demonstrado para estudo e aplicação de uma ferramenta da confiabilidade humana.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais, assim como recomendações de melhorias, pontos de atenção e trabalhos futuros.

## 2 EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

No capítulo presente são apresentados o ambiente de trabalho e o equipamento utilizado. O estudo acontece quando o *laser-tracker* é posicionado sob o *stand* inferior e superior da oficina de segmento do lingotamento contínuo 1. Pois ao posicionar o *tracker* é necessário saber se existem interferências através de movimentos de pessoas e/ou equipamentos. Da mesma forma, se o operador sabe como utilizar os equipamentos corretamente neste tipo de ambiente. Através da apresentação da área e do equipamento, pode-se então realizar o estudo da confiabilidade humana que será delineado no capítulo 3.

### 2.1 LINGOTAMENTO CONTINUO

De acordo com Shibata e Silva (2013), o lingotamento contínuo é uma parte fundamental do processo da siderurgia, o processo pelo qual o metal líquido é solidificado e transformado em um produto denominado placa de aço. ArcelorMittal Tubarão (2019) menciona que as placas obtidas pelo processo de lingotamento podem ser produzidas em três espessuras: 200mm, 225mm, 250mm, com larguras entre 800 e 2325 mm e comprimento de 5000 a 12500 mm. De acordo com Barcelos e Silva (2005), o segmento é um componente mecânico que auxilia no escoamento do aço que entra no molde, refrigerando-o e sendo assim solidificado, possibilitando a formação da placa de aço. Os segmentos do lingotamento contínuo são compostos por uma mesa de rolos inferiores e superiores, sendo estes instalados após o molde e com a função de manter a placa produzida em sua espessura especificada, transportando-a até a saída da máquina. Na figura 2.1 é demonstrado um segmento em funcionamento. O segmento é composto de rolos alinhados na parte superior e inferior. Um conjunto de segmentos dispostos corretamente formam parte do equipamento de lingotamento contínuo.

Figura 2.1 – Segmento do lingotamento Contínuo.



Fonte: SKF - Customer reference case (2013)

### 2.1.1 OFICINA DE SEGMENTOS DO LINGOTAMENTO CONTINUO

A oficina de segmentos é a instalação física onde ocorre o processo de manutenção dos segmentos do equipamento de lingotamento. Todo segmento que é usado na máquina de lingotamento contínuo possui uma vida útil. De acordo com Marchesi, Valladares e Soneghetti (2014), a vida útil de do segmento é delimitada pela quantidade de toneladas de aço produzidas devido ao desgaste no diâmetro dos rolos. De acordo com o padrão operacional cada posição de montagem tem uma vida útil estimada diferente. Costa e Dellacqua (2014) mencionam que os segmentos são constituídos de vários rolos, os quais possuem papel fundamental na qualidade final da placa. Durante a produção das placas de aço, os rolos fixados nos segmentos vão perdendo ajuste, comprometendo o espaçamento. O espaçamento representa a distância entre o rolo inferior e superior do segmento, com uma tolerância de aproximadamente de 0,5 mm. O alinhamento dos rolos inferiores e superiores são feitos a *laser*, por um Técnico metrologista.

### 2.1.1.1 STAND DE ALINHAMENTO

Existem *stands* de alinhamento para segmentos superiores e inferiores da máquina de lingotar. Nestes *Stand*s os segmentos devem ser dispostos e travados. O *stand* inferior é referenciado para que o sistema de coordenada seja no apoio cônico do *stand*. O sistema de Coordenada demonstra que o apoio é zerado em Cota(Z), o centro do cone é zerado na abscissa(x) e na ordenada(y). Contudo, para o *stand* superior, o procedimento consiste em aguardar a base ser travada no *stand* e, utilizando a análise pelos centros dos roletes dispostos no *stand* superior, é possível remover a torção do segmento para dar início às leituras.

## 2.2 TOPOGRAFIA E METROLOGIA

De acordo com Almacinha (2016), a metrologia é a ciência da medição e suas aplicações, englobando todos os aspectos teóricos e práticos da medição, qualquer que seja a incerteza de medição e o campo de aplicação. Bernardes (2010), afirma que a Metrologia fornece confiabilidade e qualidade aos resultados de medições. As medidas estão presentes em todos os processos de tomadas de decisão seja no comércio, na saúde, na segurança e na indústria. O setor industrial demanda um sistema metrológico preparado para fazer frente à competitividade nacional e internacional. A evolução da metrologia precisa seguir o mesmo ritmo imposto a todos os segmentos fornecedores de bens e serviços à sociedade moderna. (BORCHARDT, 1999). Almacinha (2016) menciona também que a estabilidade de um instrumento de medição é a propriedade segundo a qual o equipamento mantém sua propriedade metrológica ao longo do tempo. A existência de vibrações é nociva para qualquer tipo de instrumentação, no que concerne à estabilidade do instrumento. Segundo Borchardt (1999), medições e procedimentos de calibração são componentes essenciais dentro do sistema de controle de qualidade. Sem confirmação metrológica não há como garantir a confiabilidade dos dados referentes ao controle das características que determinam a qualidade no produto, e muito

menos às ações de monitoração do processo. A ausência de confirmação metrológica é, por si só, razão suficiente para gerar descrédito no sistema de informação da qualidade, preconizado pelas normas 'NBR ISO 9001:2015' e 'NBR ISO 10012-1:1993', referentes ao controle de equipamentos de inspeção, medição e ensaios.

### 2.2.1 INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

De acordo com Vieira (2003), as máquinas óticas portáteis de longo alcance são utilizadas há décadas dentro da indústria mecânica, pois possuem grande capacidade dimensional, com longo alcance de medição e com alta precisão. Possuem softwares *User Friendly* e alta portabilidade podendo ser utilizadas em locais de difícil acesso. Com a tecnologia do *laser-tracker*, a velocidade de trabalho é extremamente superior ao tempo gasto na metrologia e topografia convencionais. Greff (2010), menciona que os primeiros *lasers trackers* em meados de 1960 eram utilizados para seguir mísseis ou aviões; só em 1980 que foi proposta uma interface diferente do sistema tracker. Gallagher (2003) menciona que este sistema usa um Interferômetro medidor de distância, assim como azimute e *encoder* de elevação, podendo realizar medições estáticas ou dinâmicas. Vieira (2003), menciona que o rastreador interferométrico tridimensional ou *laser-tracker* é uma tecnologia desenvolvida inicialmente por um grupo na National Bureau of Standards e sequencialmente por uma empresa denominada Automated Precision Inc (API). O *laser-tracker* pode ser empregado na Calibração de robôs, fabricação de dispositivos, engenharia reversa e aferição geométrica. Na oficina de segmentos do lingotamento é comumente utilizado para o alinhamento dos rolos dos segmentos e checagem de estruturas relativas aos segmentos do lingotamento contínuo.

Figura 2.4 – *Laser Tracker OmniTrack2*



Fonte: <https://www.ems-usa.com/omnitrac2/> (2019).

A figura 2.5 mostra o princípio de funcionamento do *laser-tracker*, descrito por Ouyang *et al* (2005), para medir a estrutura de um ônibus. O feixe de luz (2) é emitido do *laser-tracker* (1) e refletido por um prisma reflexivo (3) direto para o *laser-tracker*.

Figura 2.5- Prisma Reflexivo



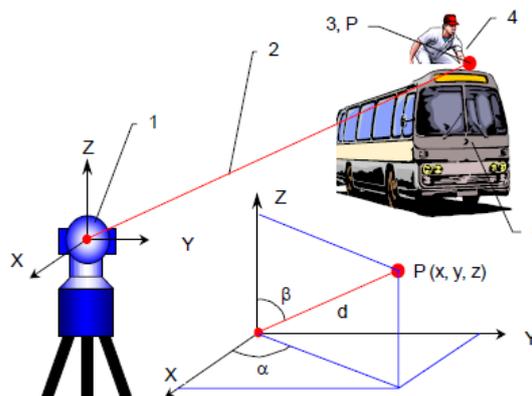
Fonte: GREFF (2010)

O *laser* pode medir distância por interferômetros e ângulos por encoder. O operador (4) pode mover o prisma reflexivo (3) até outra parte do objeto medido (5). As coordenadas podem ser medidas de acordo com as equações a seguir:

$$\begin{aligned} x &= d \sin\beta \cos\alpha \\ y &= d \sin\beta \sin\alpha \\ z &= d \cos\beta \end{aligned} \quad (1)$$

Nas quais, 'd' representa a distância a partir do *laser-tracker* (1) até o prisma (3), ' $\alpha$ ' é o ângulo entre o feixe do *laser* e o 'eixo - X', e ' $\beta$ ' é o ângulo entre o feixe da luz do *laser* e o 'eixo - Z'.

Figura 2.6 – Princípio de Funcionamento



Fonte: OUYANG *et al* (2005)

Greff (2010), menciona que todo equipamento deve ser calibrado e rastreado. Cita também fatores que podem afetar as medições, como o ambiente, dilatação de materiais, temperatura, pressão e posicionamento do prisma reflexivo.

### 2.3 SERVIÇO

O serviço de alinhamento é realizado nos segmentos do lingotamento contínuo, quando os mesmos estão na oficina de segmentos. O serviço se aplica à segmentos novos e reutilizados. Para um segmento novo, existe a necessidade da leitura dimensional dos planos onde os mancais dos rolos são apoiados. A base inferior do segmento deve ser cunhada inicialmente, para que os apoios do *stand* Inferior estejam em contato com os apoios do segmento. Através desta primeira análise estrutural deve-se criar um plano com a nominal de projeto. O valor encontrado define a quantidade de calços que devem ser colocados nos apoios dos mancais para que a base esteja plana. Após a leitura do plano na base inferior é possível montar os rolos e iniciar o alinhamento.

Entretanto, para a base superior, a leitura do plano de montagem dos rolos pode ser realizada fora do *stand* superior com a estrutura apoiada no solo, pois existe um

procedimento no *software* que possibilita essa leitura inicial. Após a leitura do plano na base superior, pode-se colocar a base superior no *stand*. Neste, existem 4 roletes de pequeno diâmetro dispostos. Através da análise dos centros dos roletes retira-se a torção do *stand* e um sistema de coordenada é criado para auxiliar no alinhamento do segmento.

Para segmentos reutilizados existe também uma sequência de atividades. Inicia-se pelas atividades mecânicas, que consistem em limpeza, desmontagem, montagem, inspeção mecânica, checagem de folga dos rolamentos, medição de dureza dos rolos. Outras atividades relacionadas à parte da manutenção mecânica, caso se mostrem necessárias, são executadas nesse momento. Os segmentos que já foram alinhados e usados no lingotamento são chamados de reutilizados. Esses segmentos, por alguma razão prática no processo, são retirados da máquina de lingotamento para uma nova checagem mecânica e de alinhamento. Após o segmento estar travado no *stand* a ser utilizado, os rolos já devem ter sido previamente limpos e com os testes de folga de rolamento e dureza já realizados. É necessário saber quantas toneladas de placas de aço já passaram pelo segmento, pois isso define a tolerância de alinhamento. Em seguida, o *laser* deve ser posicionado de forma segura e firme, preferencialmente em local com baixa vibração, sem movimentação de pessoas e calor excessivo, possibilitando a leitura de todos os pontos necessários para análise dos rolos.

Após ligar o *laser* e iniciar o *software*, o *laser* deve ser reconhecido pelo computador e pelo sistema utilizado. Primeiro, as referências que estão soldadas nos *stands* devem ser gravadas, pois o alinhamento só será possível através do conhecimento destas. Por isso é importante que as referências não sejam quebradas, batidas, torcidas ou retiradas. Após a primeira leitura das referências, toda leitura que segue deve usar as mesmas para facilitar a localização do sistema de coordenada que é utilizado no alinhamento.

A leitura de pontos na superfície dos rolos é realizada através de um escaneamento, que consiste na passagem de um refletor próprio do *laser-tracker*. Com estes pontos, o operador do *laser* realiza a criação de um cilindro no *software*; através deste cilindro é possível encontrar o centro do rolo e o diâmetro. Com estas informações é possível dar início aos alinhamentos dos rolos de um segmento.

## 2.4 LOCAL DE APLICAÇÃO

Os *stands* de alinhamentos representados são referentes aos *stands* de alinhamento e manutenção dos segmentos da máquina de lingotamento 1. Os *stands* superior e inferior são localizados na oficina de segmento logo ao lado de um dos veios onde são produzidas as placas e carregadas em um trem. Um ponto de atenção é quando a ponte rolante está funcionando, ou o trem chegando ou saindo, existe uma pequena vibração que pode interferir nas medições. Outro ponto referente a localização é que os pisos dos *stands* devem estar preferencialmente desocupados durante uma medição, para que o caminhar das pessoas não interfira durante a leitura das medições dos rolos do segmento inferior. Contudo, o segmento superior por ser posicionado em um *stand* giratório e suspenso, demanda a necessidade do travamento do *stand* superior e desocupação do mesmo, para que somente o operador do *laser-tracker* esteja no local de ambos os segmentos.

## 2.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

No capítulo 2 é apresentada parte do processo da produção de placas de aço. O lingotamento contínuo é quando o aço líquido dá início a formação das placas de aço. O segmento é por onde o aço em estado de transição escoa e começa a solidificar no comprimento, espessura e largura desejados. Os segmentos, devem ser dispostos nos *stands* e alinhados de acordo com o padrão referente ao segmento específico. O alinhamento desses rolos é realizado por um operador de *laser-tracker*. Os operadores possuem compreensão do *software*, do equipamento e devem possuir *know-how* suficiente para analisar diferentes situações.

Compreendendo o ambiente de trabalho, que envolve um equipamento de alta precisão que necessita ser manuseado por um operador com experiência, o estudo da confiabilidade humana pode ser aplicado para se avaliar este serviço. Cabe salientar que durante todo o processo existem diferentes formas de intervenção durante as medições. A análise dessas intervenções pode levar ao entendimento e recomendações das melhores práticas para obtenção dos bons resultados em trabalhos de campo.

No próximo capítulo a confiabilidade humana vai ser aplicada ao processo do serviço, demonstrando a importância de um ambiente adequado e recursos disponíveis para executar a atividade. O capítulo mostra também o 'porquê' de um operador possivelmente falhar, 'quando' o operador pode falhar e 'em quê' vai falhar. As falhas humanas devem ser reduzidas à medida que a fatores como treinamento, experiência e julgamento tornam-se mais eficazes.

Ainda no capítulo 3, as falhas humanas são divididas em erros e transgressões, com suas respectivas definições. As importâncias da cognição, desenvolvimento da aprendizagem, a performance de atividades, índice de vigilância e *work-sampling* serão apresentados. Serão abordados alguns tipos de estressamentos e relação homem-máquina, com foco no operador-*laser*. Somente entendendo o princípio de funcionamento do *laser*, juntamente com o ambiente em que é este é empregado, que é possível correlacionar os fatores ambiente, homem, máquina e a confiabilidade.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

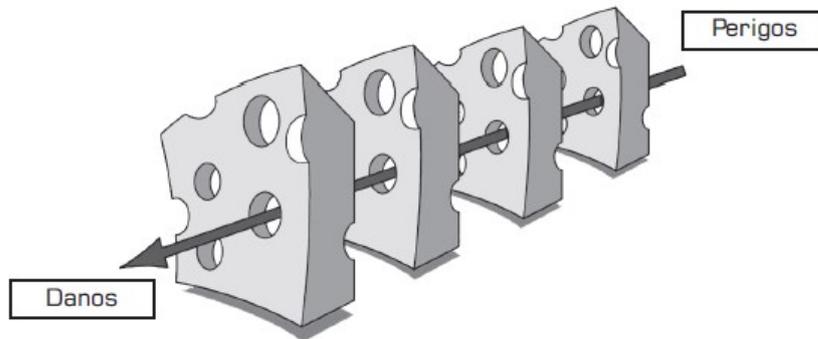
Neste capítulo, o tema confiabilidade humana será abordado. Através da descrição de falhas, erros e transgressões o leitor tem a oportunidade de diferenciar situações que serão demonstradas nos próximos capítulos. Formas de avaliar o operador do *laser*, também são descritas para futura aplicação.

Segundo Pallerosi *et al.* (2011), confiabilidade humana é a probabilidade de que uma pessoa não falhe no cumprimento de uma tarefa (ação) requerida, quando exigida, em um determinado período de tempo em condições ambientais apropriadas e com recursos disponíveis para executá-la. Entretanto por ser uma probabilidade pode ocorrer ou não, podendo ser prevista e quantificada. De acordo com Swain & Guttman (1983), confiabilidade humana é a probabilidade de um procedimento ou tarefa ser concluído com sucesso pelo operador ou equipe em qualquer estágio na operação de um sistema dentro do mínimo tempo exigido. De acordo com IIDA (1991), a confiabilidade humana é a probabilidade de uma tarefa ser desempenhada com sucesso pelo homem. Ela depende das interações do homem com o seu ambiente e da ocorrência de uma eventual falha em atender a determinadas expectativas. Segundo Lafraia (2001), a definição de confiabilidade humana é a probabilidade de que uma tarefa ou serviço (uma ação planejada) seja feita com sucesso (alcançando os objetivos propostos) dentro do tempo reservado para a mesma. Segundo Pallerosi *et al.* (2011), a confiabilidade humana, permite prever, quantificar e minimizar as falhas. A qualificação humana para determinadas funções é o elemento básico para o desempenho funcional e operacional das tarefas a serem cumpridas. Segundo Coutto (1996) *apud* Barros (2006), para determinar a confiabilidade humana dentro do contexto homem-tarefa, isto é, as condições organizacionais e ambientais dentro das quais o trabalhador desenvolve suas atividades de trabalho prescrito, é necessário entender a falha humana. Mais precisamente como e por que ela acontece. Uma vez que este tipo de falha é algo complexo, multicausal e multideterminado.

De acordo com Reason (2000), no modelo do “Queijo Suíço” as barreiras de proteção ou segurança são como fatias de queijo suíço, com vários furos que ficam abrindo continuamente, fechando e trocando de posição. Furos somente em uma

fatia não causa nenhum dano, mas quando os furos de fatias diferentes se alinham é aberta a oportunidade de um acidente.

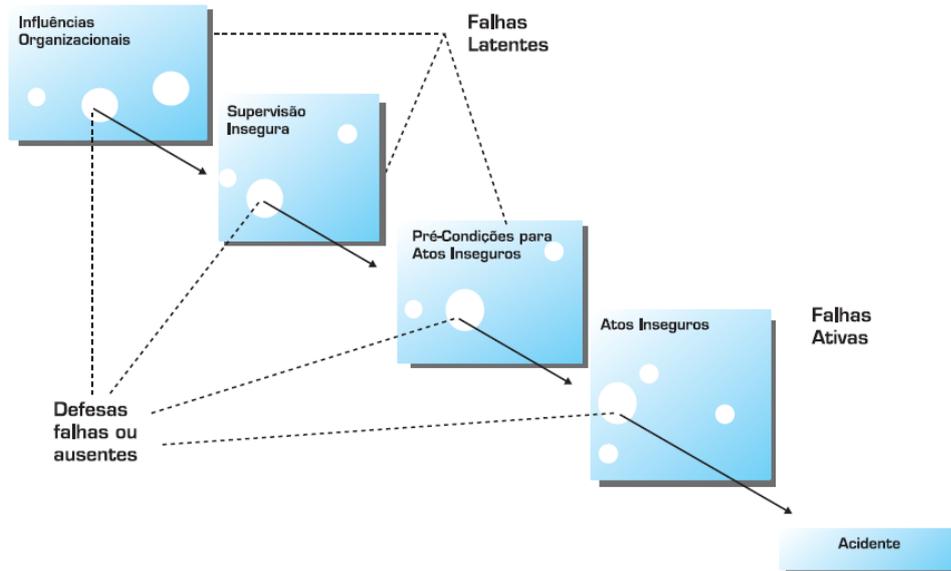
Figura 3.1 - Modelo do “Queijo Suíço”.



Fonte: Adaptado Reason, 2000.

Shappell & Wiegmann (2000) *apud* Correa e Cardoso Junior (2007), utilizam uma versão adaptada do modelo do “Queijo Suíço” para demonstrar que os espaços nas barreiras são separados por setores que, quando alinhados, abrem espaço para o erro, podendo causar um acidente. De acordo com Correa e Cardoso Junior (2007), os erros humanos são estudados sob dois pontos de vista: a aproximação pessoal e aproximação do sistema. Respectivamente, uma foca em atos inseguros – erros e violações de procedimentos - atos inseguros nascem de processos mentais, como esquecimento, desatenção, baixa motivação e imprudência. Na aproximação do sistema considera-se que o os humanos falham e os erros são considerados mais como consequências do que como causas. De acordo com Pallerosi *et al* (2011), a aptidão, o treinamento, a experiência e o julgamento das pessoas devem melhorar com o tempo, reduzindo a possibilidade de falhas humanas, diferente de equipamentos mecânicos, que se degradam à medida que o tempo passa. Esses pontos auxiliam na redução dos espaços para erros.

Figura 3.2 – O Modelo do queijo suíço de Causas dos Erros Humanos.



Fonte: Adaptado por Correa e Cardoso Junior (2007) de Reason (1990) e Shappell & Wiegmann (2000)

De acordo com Pallerosi *et al.* (2011), a confiabilidade humana está presente, por exemplo, nas relações familiares, fora da família, relações amorosas, sociais e profissionais. Uma criança precisa sentir-se segura para ter confiabilidade nos pais. Entretanto, em relacionamentos amorosos, sociais e profissionais, existe o respeito, crescimento pessoal e profissional. A confiabilidade humana é tratada como “Credibilidade”.

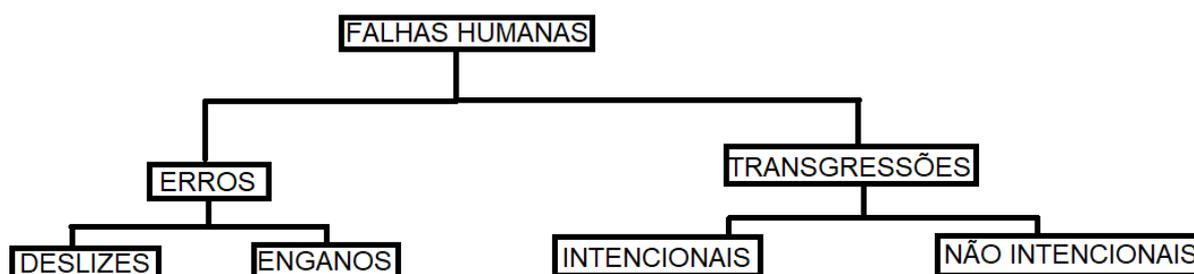
Os comportamentos humanos que serão abordados são relacionados às transgressões, as reações cognitivas, ao estresse, ao fator aprendizagem e a acidentes.

### 3.1 FALHAS HUMANAS

A falha humana é responsável por grande parte dos acidentes ocorridos na área industrial, para melhorar a segurança e, portanto, reduzir eventos indesejáveis, é necessário que equipamentos, operações e ambiente de trabalho sejam compatíveis com as capacidades físicas e cognitivas do homem, bem como suas limitações (SANTANA *et al.* 2017). As falhas humanas podem ser classificadas em erros e transgressões, que ocorrem durante a execução de atividades humanas. De acordo

com Gertman *et al.* (2005), o evento falha humana, representa uma falha ou indisponibilidade de um componente, função ou sistema causada por inação humana ou uma ação inadequada.

Figura 3.3 – Classificação básica das falhas humanas.



Fonte: Adaptado Pallerosi *et al.* (2011).

### 3.1.1 CLASSIFICAÇÃO DE ERROS

De acordo com IIDA (1991), devido ao comportamento humano não ser constante e não seguir rigidamente os padrões estabelecidos, sempre existe oscilação no comportamento, que pode ser tratado ou não em forma de erro. Caso a oscilação do comportamento humano produza algum resultado fora dos limites esperados, ou caso a capacidade humana para acompanhar as mudanças ambientais sejam insuficientes, resulta em um erro. Segundo Lafraia (2001), na visão tradicional de abordagem dos erros, os mesmos ocorrem por negligência, falta de compromisso e não observação de regras ou procedimentos. Segundo Neto *et al.* (2009), o funcionamento de um sistema deve se comportar como previsto ao longo do tempo. Uma ação que modifica o comportamento pode ser considerada um erro. Segundo Dekker (2002) *apud* Santana *et al* (2017), para ter uma explicação para as falhas humanas é necessária uma reconstrução do que ocorreu na perspectiva de quem estava realizando a tarefa, sendo preciso compreender porque as avaliações e ações faziam sentido no momento do erro e não buscar exatamente onde os trabalhadores erraram. Rigby (1970) *apud* Terra *et al* (2018), cita que o erro humano (EH) pertence ao conjunto de atitudes que excede algum limite de

aceitabilidade. De acordo com Lafraia (2001), é definido como “a falha de ações planejadas em alcançar objetivos propostos”.

Segundo Pallerosi *et al* (2011), os erros humanos podem ser tratados como deslizes ou enganos. Os deslizes acontecem mesmo que as pessoas possuam a capacidade para realizar determinada missão. Podem ser acarretados devido ao estresse de forma negativa do indivíduo, podendo ser comparada ao cansaço por tempo de serviço prolongado ou por senilidade, que é degradação mental, ou ainda pela redução da capacidade neural. Outro responsável por causar deslize é a Inaptidão física ou mental que está presente em pessoas que, mesmo após sucessivos treinamentos, não apresentam a capacidade de tomar decisões de forma assertiva, demonstrando dificuldade de fazer ponderações importantes. Na outra via existem os enganos, que correspondem às falhas humanas durante a execução de determinada missão conforme padrões e ou normas estabelecidas, principalmente em atividades complexas, com sequenciamento de ações e procedimentos. Os principais causadores de enganos são: a falta de aptidão que conduz a erros de procedimentos, a falta de conhecimento que ocorre por aprendizagem inadequada ou insuficiente, gerando engano nas decisões e falha de julgamento ou no diagnóstico devido a aspectos sensoriais ou cognitivos.

### 3.1.2 TRANSGRESSÕES

Transgressões são os desvios das regras, procedimentos e regulamentos. De acordo com Reason (1995) *apud* Terra *et al* (2018), é algo que é feito conscientemente pelo executor, pegando atalhos ou não seguindo procedimentos, com intenção de economizar no tempo ou esforço.

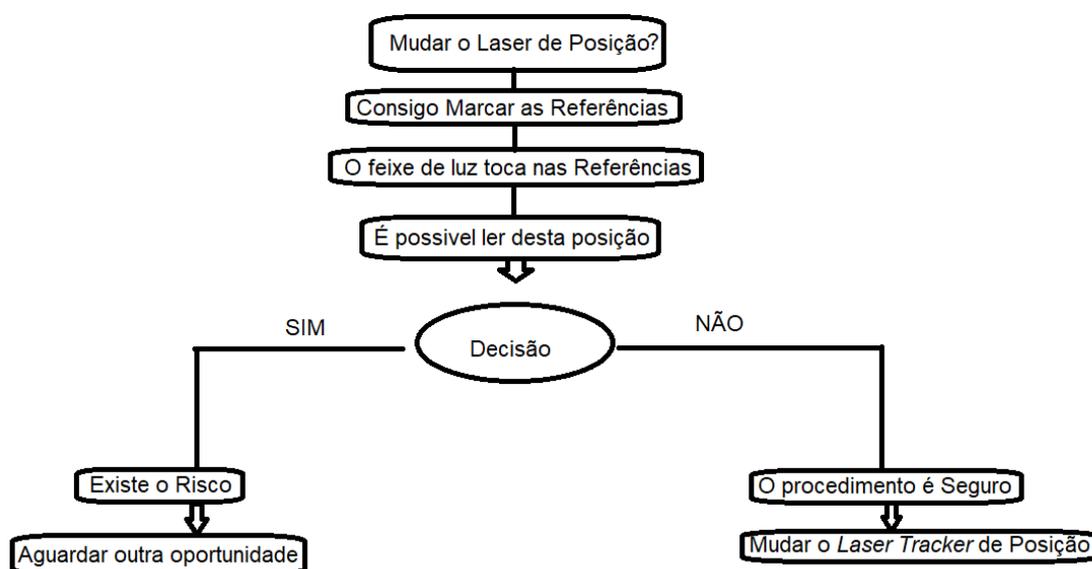
Segundo Pallerosi *et al* (2011), transgressões são devidas as falhas comportamentais classificadas em intencionais ou não-intencionais. As transgressões intencionais ocorrem, pois existe a certeza de que o ato praticado de forma errônea não terá punição ou, quando muito, receberá uma leve punição. O autor do ‘ato’ atua com falta de responsabilidade, pois pode transferir a ação para outra pessoa ou organização. Existe o julgamento de que a ação passará despercebida. Outro ponto é ambição, que faz o autor da atitude acreditar que obterá ganho pessoal ou financeiro. As transgressões não-intencionais ocorrem

principalmente por falta de conhecimento das regras ou do comportamento esperado em determinadas missões. As vezes as transgressões não-intencionais são geradas por motivos culturais ou sociais diferentes da atual vivência, ou por falta de bom julgamento das consequências dos atos.

A transgressão pode ser tratada como violação, segundo Shappell & Wiegmann (2000) *apud* Correa e Cardoso Junior (2007), a violação representa um desrespeito às regras e regulamentos. Ocorrem de forma menos frequentes do que os erros, mas em via de regra produzem acidentes fatais.

### 3.2 ATIVIDADES SENSORIAIS E COGNITIVAS

Atividades humanas são baseadas em recursos cerebrais e estímulos sensoriais adequados. Por exemplo a visão, audição, tato, olfato e paladar. Segundo Pallerosi *et al* (2011), significam a capacidade de resposta a um estímulo. A falha humana pode ocorrer quando o operador não percebe um estímulo sensorial, como o aquecimento de determinado equipamento ou a interpretação errônea do estímulo ou não ser apto para decidir a melhor ação como resposta ao estímulo. A ação cognitiva referente a mudança de posição do *laser-tracker*, deve levar em conta alguns fatores. O estímulo é referente a mudança de estação do *laser-tracker*. A análise sensorial é a visão da posição das referências necessárias e dos equipamentos a serem medidos e se é exequível segurar a esfera de leitura. O processamento é saber se o feixe de luz emitido toca as referências e se o *laser* não sofre movimentação, como vibração. O julgamento é a definição da nova posição. A ação corresponde a decisão de posicionar o *laser* no novo lugar definido. A resposta é a montagem do *laser* no tripé ou no flange para fixação na nova estação.

Figura 3.4 – Mudança da posição do *Laser-tracker*

Fonte: Do autor (2019)

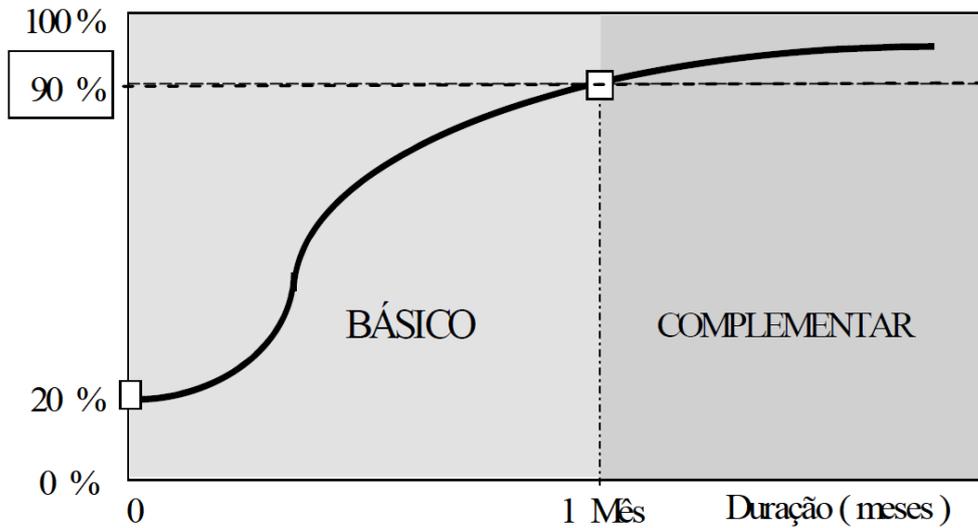
O conceito de cognição de acordo com Ranhel (2011), tem sido construído com base em um conjunto de elementos obtidos desde simples observações de comportamento até inferências sobre os mais altos níveis de raciocínio humano. Segundo Vidal e Carvalho (2008), a ergonomia cognitiva enfoca o ajuste entre habilidade e limitações humanas às máquinas, à tarefa, ao ambiente. Mas também observa o uso de certas faculdades mentais, aquelas que nos permitem operar, ou seja, raciocinar e tomar decisões no trabalho.

### 3.3 ÍNDICES DE AVALIAÇÃO E DESEMPENHO

Segundo Pallerosi *et al* (2011) existem 4 índices principais aplicados na verificação do desempenho humano, o Fator de Aprendizagem (FAP); O Índice de Performance de Atividade (IPE); Índice de Vigilância ou Alerta (IVI); Work-Sampling (WS, amostragem de trabalho).

O Fator de Aprendizagem corresponde a um treinamento de duas etapas, a etapa Básica e uma etapa Complementar.

Figura 3.5 - Fator de Aprendizagem



Fonte: Pallerosi *et al* (2011)

Admite-se que o conhecimento prévio seja de 20%, e que o treinamento básico corresponda à quantidade de conhecimento para uma boa execução de tarefa. Existem algumas teorias de aprendizagem que consistem no conhecimento que provém das experiências ou do contato com o ambiente em que o operador vive. Um treinamento complementar pode durar bastante tempo dependendo da complexidade das tarefas. Para definir o Índice de aprendizagem humana, utiliza-se a equação:

$$I_H(t) = 1 - e^{-(t-\gamma)/\eta} \quad (\text{Equação I})$$

Onde:  $\eta$  = Duração característica do Treinamento

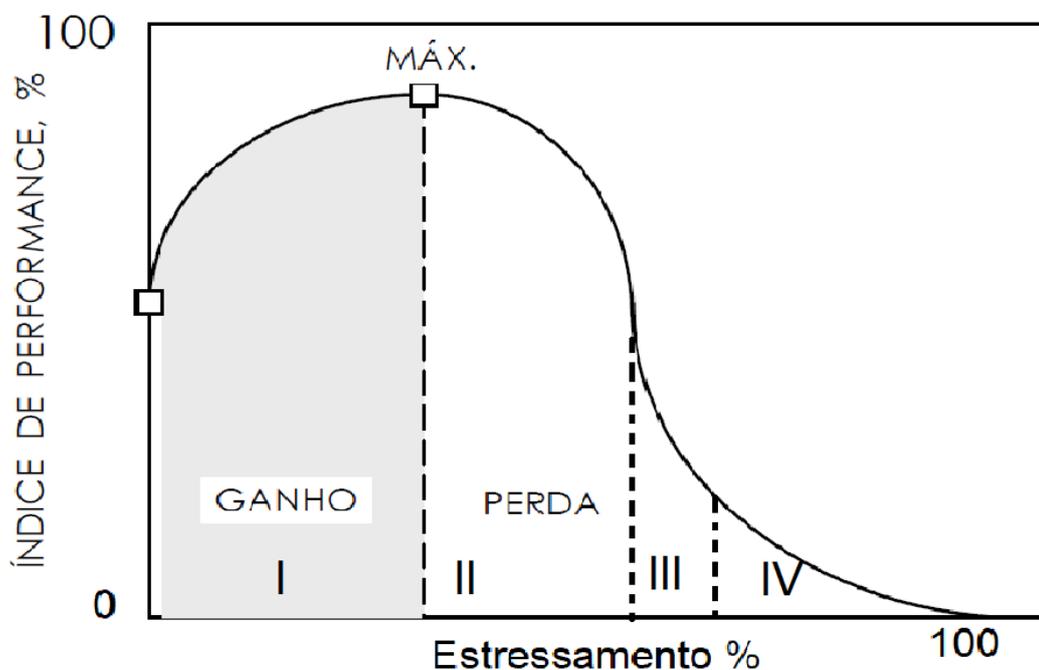
$\gamma$  = Parâmetro de posição, referido a treinamento anteriores.

Existem formas de avaliar o aprendizado, mas é necessário adotar medidas de avaliação para definir o que é o conhecimento básico, qual o aprendizado inicial do operador. Qual conhecimento ele tem em segurança ou quesitos para área de trabalho, para que todos os avaliados tenham a mesma forma de avaliação.

Contudo, este tópico deverá ser demonstrado em uma oportunidade futura, devido a quantidade de avaliações que devem ser feitas.

O índice de performance de atividades, demonstra a influência do estressamento físico e mental no desempenho de tarefas. Muitos fatores são levados em conta, atividades relacionadas ao trabalho, ou não. Os tipos de estresse podem ser positivos (ganhos) ou negativos (perdas). Respectivamente estímulos financeiros, promoções, aumento da aprendizagem. O negativo é dividido em 3 fases. Fase do alarme, fase da resistência ou oposição e fase da exaustão, onde pontos físicos, psicológicos e comportamentais são abordados. Através de uma tabela com estes 3 fatores e a frequência a qual ocorre essas situações, é possível calcular o índice de estressamento. Na fase do estresse é relacionada a fase de crescimento, onde estímulos financeiros, pessoais, aumento da aprendizagem e da capacitação profissional, aumentam a performance. Entretanto quando o estressamento entra na parte negativa fatores físicos, psicológicos ou comportamentais são levados em consideração. A Fase II é a fase de alarme ou indícios, a fase III é a fase de resistência ou oposição e a Fase IV é a fase de exaustão ou crítica.

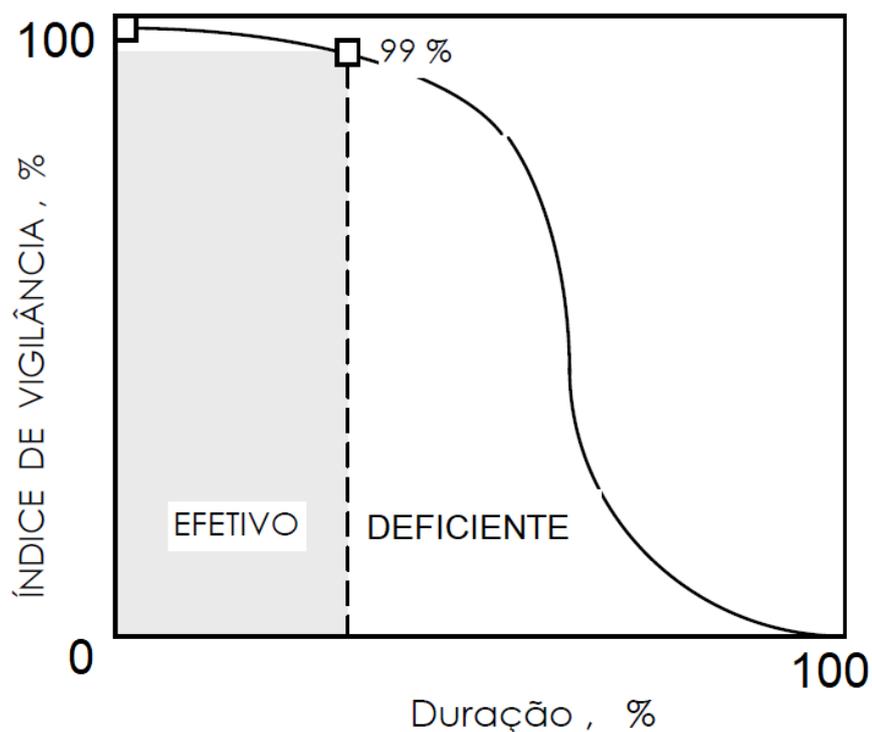
Figura 3.6 - Índice de Estressamento



Fonte: Adaptada Pallerosi *et al* (2011)

O índice de vigilância, demonstra que o tempo de duração de vigilância em atividades pode interferir no desempenho de atenção em determinadas funções.

Figura 3.7 - Variação típica do Índice de Vigilância.



Fonte: Pallerosi *et al* (2011)

O *work-sampling* ou amostragem de trabalho, realiza observações instantâneas das ações executadas, de forma aleatória em um determinado período analisando os resultados e correção de falhas. Através de uma planilha com os códigos de diferentes atividades que ocorrem durante o dia-a-dia e os horários que as ações são realizadas, devem ser anotadas.

Codificação de Atividades:

M: Montar *laser*

I: Iniciando Leitura

A: Aguardando Manutenção

D: Digitando no Computador

C: Falando ao Celular

S: Ausente do local de Trabalho para impressão de folha ou ver serviços

R: Reunido com mais de uma ou uma pessoa no local de trabalho para explicações ou mostrar resultados.

L: Leitura acontecendo

O: Outras atividades

O horário e o que está sendo realizado no momento da conferência do trabalho deve ser anotado para se gerar uma tabela com eficácia do estudo. Foram analisados alguns dias de serviço no *Stand* do Segmento 1-14 da máquina de lingotamento 1.

### 3.4 INTERAÇÃO HOMEM-MÁQUINA

Segundo Fonseca (1975), a palavra “máquina” é usada para significar qualquer peça de equipamento com a qual o ser executa uma finalidade. Assim o lápis com que se escreve, a tesoura com que se corta é tão “máquina” quanto um carro ou um torno. O trabalho do metrologista depende do *laser-tracker* e do computador para que o serviço seja realizado. Segundo Silva *et al.* (2011), as interfaces Homem-Máquina (IHM) ou Humano-Computador (IHC) tem cada vez mais avançado proporcionalmente com a tecnologia em geral. Portanto equipamentos mais antigos estão atualmente sendo deixados de lado nas indústrias, pois possuem uma tecnologia e interface ultrapassadas. De acordo com Barros (2006), os dispositivos utilizados devem ser adequados à capacidade humana para não invalidar a confiabilidade do Sistema. Barros (2006) cita que é necessário conhecer os fatores determinantes da melhor adaptação de equipamentos, trabalho e ambiente para os usuários deste sistema. As máquinas devem ser adaptadas às características físicas, cognitivas e psíquicas do homem, devido ao número de informações. Para Oliveira (2014), uma boa interface torna a interação com o sistema mais fácil de aprender e usar (amigável). Em outras palavras, a interface pode influir na produtividade do usuário, que nem sempre prefere um sistema com mais recursos ou eficiência do ponto de vista computacional.

### 3.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

No capítulo 3 foram apresentados conceitos da confiabilidade humana e falha humana, demonstrando diferenças dos tipos de erros e transgressões que podem acontecer, para falha humana ocorrer. E esta terceira parte mostra também que é possível avaliar e ponderar o desempenho humano. Também deixa explícito que será abordado o tema Homem-Máquina, pois o serviço depende de algumas máquinas. O capítulo 4 aplica os conceitos de confiabilidade humana vistos no capítulo 3 ao trabalho empregado na oficina de segmento que está demonstrada na estrutura deste trabalho no capítulo 2.

#### **4 CONFIABILIDADE HUMANA PARA A OPERAÇÃO DO LASER TRACKER NO STAND DE ALINHAMENTO DA OFICINA DE SEGMENTO DA MÁQUINA 1.**

O capítulo presente apresenta a confiabilidade humana e seus fatores que foram explicitados em capítulos anteriores, sendo aplicados ao serviço de metrologia no *stand* de alinhamento da oficina de segmentos, durante os serviços que dependem dos *stands* para medição dos segmentos 1 a 14 do lingotamento contínuo.

A confiabilidade humana na metrologia se impõe muito antes do momento da chegada da equipe ao local de serviço. Existem três focos a serem analisados: o do operador, o do equipamento e o do local de trabalho. Primeiramente o equipamento deve estar calibrado e com os registros atualizados, para que durante a utilização a margem de erro seja menor. Em relação ao operador, a análise será feita somente em serviços referentes ao *stand* de alinhamento dos segmentos de 1-14 da oficina de segmento da máquina de lingotamento #1.

Ao receber o pedido de serviço referente a leitura de segmentos, inicialmente, o operador de *laser* deve procurar saber se o *laser* a ser utilizado está calibrado, e quando foi a última calibração. Essa informação esclarecerá sobre o período em que o *laser-tracker* pode ser utilizado sem ser trocado. Deve-se verificar se o mesmo se encontra em estado normal de utilização. Se está funcionando e se não existe nenhum dano que possa afetar a leitura realizada. Outro ponto importante é saber se o operador possui conhecimento lógico, para evitar erros. Saber se o operador está em plena satisfação com as condições ambientais, sociais e se o estresse que ele está sofrendo é excessivo a ponto de ser tratado como cansaço. Este tipo de estresse geralmente aparece em jornadas prolongadas de trabalho, com atividades em ambientes inadequados. Caso o operador possua capacidade de execução, ele ainda pode cometer deslizos, como a ordem de leitura de referências por exemplo. A inaptidão mental ou física ocorre mesmo após diversos treinamentos, pois o treinamento pode auxiliar o operador em determinadas situações que não necessariamente serão as mesmas do ambiente atual de trabalho. Deslizos são ocasionados devido ao estresse, cansaço, Inaptidão física, mental e outros. Por isso é importante saber como o operador está se sentindo no dia.

Enganos são comuns durante a execução das tarefas guiadas por procedimentos padrões ou normas, principalmente quando sequência de ações estão envolvidas. Por exemplo, toda leitura de segmentos utilizando *laser tracker* nas oficinas de segmentos deve seguir padrões. Mas a falta de aptidão, falta de treinamento ou aprendizagem inadequada ou insuficiente, podem gerar enganos durante as decisões. Já as falhas de diagnóstico ou julgamento ocorrem devido aos aspectos sensoriais e cognitivos.

As transgressões podem ocorrer de forma intencional quando o operador de *laser* julgar que o erro ficará impune ou que, caso descoberto, terá uma leve sanção. Usualmente ocorre por falta de responsabilidade, esperteza ou ambição, pois é acreditado que a ação realizada pode ser transferida para outra pessoa, ou que a ação passará despercebida ou que o erro intencional vai gerar ganho pessoal. Em meios tecnológicos é muito comum a violação de patentes ou *softwares*, para utilização ilegal. Essa atitude permite aumentar as chances de uma falha durante a utilização do *software*. Portanto o operador é responsável por saber se o *software* está em plena função ou não.

Quando no ambiente de trabalho percebe-se que alguém não é confiável, pois quebra regras ou transgredir as normas, o ambiente ficam fragilizado podendo gerar problemas em aspectos diferentes, como a falta de confiança ao passar resultados. Dentro de um ambiente de trabalho industrial, muitos são os fatores que podem levar uma pessoa a transgredir intencionalmente. Por exemplo, o operador de *laser* ao saber que pode cometer um erro e não ser descoberto, pode cometer o erro apenas para chamar atenção dos executantes como um aliado na área de trabalho, como uma força de trabalho extra, com intuito de ganhar tempo ou agilizar o serviço. Um exemplo prático é o alinhamento de rolos dos segmentos, o qual é feito através da utilização de calços na base do mancal. Um resultado de centésimos fora da tolerância pode ser aceito pelo critério do supervisor, pois uma variação centesimal pode ser irrelevante. Mas nem toda passagem de alinhamento acima ou abaixo da tolerância, mesmo sendo irrelevante, pode ser aceita pelo operador. Precisa ser levada a julgamento. As transgressões não-intencionais são devidas à falta de conhecimento das regras. Quando o operador já estava acostumado a viver em um ambiente e migra para outro, algumas atitudes são inconscientes.

Para a atividade de leitura das medições dos segmentos nos *stands* de alinhamento da máquina 1, existem padrões individuais para o *stand* superior e inferior. Inicialmente é importante saber o que é pedido no serviço. Se é uma leitura de estrutura ou leitura de alinhamento de rolos. O *laser-tracker* pode ser posicionado sobre o tripé que fica no chão, ou fixado em um flange que é rígido e posicionado em lugar fixo. No *stand* inferior o *laser* deve ser posicionado de forma conseguir capturar todas as referências. Após montar o *laser* de forma adequada, deve-se iniciar a leitura da estrutura de um segmento ou do alinhamento dos rolos. Contudo a leitura da estrutura superior pode ser realizada no chão, e o alinhamento dos rolos no *stand* giratório. Usando o procedimento para leitura da estrutura do segmento, primeiro deve-se checar se os *pads* de apoio estão limpos, ajustados e o segmento travado. A medição inicial é a leitura das referências do *stand* de alinhamento e, logo após, os monitoramentos da estrutura. Portanto, desde a montagem do *laser* existe as possibilidades de o *laser* não estar bem apoiado no tripé ou no flange, as referências do *stand* estarem inadequadas à leitura e os monitoramentos soldados na estrutura estarem obstruídos. Se qualquer uma dessas irregularidades se impuser, corre-se o risco que a esfera não consiga ser apoiada no espaço de forma adequada, podendo causar um desvio durante a leitura.

O segundo passo é a leitura dos planos, que consiste propriamente na leitura da estrutura onde os mancais dos rolos são apoiados. Ao ler cada um dos apoios, a informação deve ser transferida para a planilha de estrutura de forma sequencial, possibilitando que a equipe executante, da oficina de segmentos, responsável pela montagem dos rolos do segmento, adicione o valor de calço no apoio que foi passado através da planilha. Portanto, a sequência em que a estrutura do segmento é lida não pode ser trocada e nem esquecida, pois isso pode ocasionar um atraso de serviço. Ao esquecer um valor a planilha fica incompleta e parcial, atrasando uma futura leitura de alinhamento. A estrutura de um segmento possui furos, chavetas e *liners*.

Na continuação da atividade, a ordem da leitura é independente. Entretanto todos os furos devem ser lidos, para as distâncias entre centros de furos serem transferidas à planilha de furação. As chavetas devem ser lidas em quatro pontos. Dois pontos de um mesmo lado e dois pontos do lado oposto; possibilitando que pontos frontais criem um ponto médio. Desta forma, com todos os pontos médios de

uma mesma linha de mancais, pode-se dizer qual o desvio que uma chaveta tem em relação a outra. Os liners são pertencentes a um procedimento diferenciado, que consiste na translação de um sistema de coordenadas. Por isso o operador deve estar atento ao lançar os valores no *software*, de acordo com o padrão. Todas as leituras a *laser* feitas em uma estrutura de segmento e durante o alinhamento do segmento são lançadas em planilhas, por isso o operador do *laser* deve estar bem atento, pois qualquer valor passado de forma errônea pode ocasionar retrabalho. Após a leitura dos monitoramentos dos planos, chavetas e furos, os executantes da equipe mecânica iniciam a colocação de calços de acordo com a planilha de plano, permitindo a montagem dos rolos.

O intuito de realizar a leitura dos planos é colocar a quantidade correta de calços nas bases dos mancais, para que durante a montagem dos rolos ocorra a aproximação da tangente dos rolos do valor nominal de desenho. Essa medição prévia permitirá a redução do tempo de alinhamento após a montagem dos rolos. Após montar e torquear os mancais dos rolos, tem-se início o alinhamento dos mesmos.

Então inicia-se o padrão de leitura dos segmentos: montar o *laser* de forma que as referências estejam visíveis para serem lidas, checar se o *laser* está acoplado de forma firme, ligar o software de utilização, iniciar o *laser* e transferir as referências padrão para dentro do sistema. Em seguida é necessário realizar a leitura das referências dos *stands*, e realizar o procedimento que consiste em localizar o *laser* de acordo com as referências do *stand*. Em adição, deve ser iniciado um escaneamento das extremidades dos rolos. Após todos os escaneamentos, o operador de *laser* e do software deve criar um cilindro virtual com os pontos lidos anteriormente, criando o centro de cada cilindro e transferindo os valores para as planilhas corretas. Por isso o operador deve estar atento ao número do segmento utilizado, à posição em que o segmento será colocado na máquina de lingotamento e à ordem de transferência dos valores para planilha.

São citados vários pontos em que podem ser os buracos de um modelo de 'queijo suíço', pois todo movimento que consiste em checar algo e transferir informações abre espaço para um erro. As falhas humanas que ocorrem durante o alinhamento de segmento são provenientes de erros e transgressões em níveis de baixo-risco. Os deslizamentos acontecem comumente quando o operador de *laser* está

trabalhando em um ambiente estressante e gerador de cansaço, possivelmente com alguma insalubridade, e é transferido após longas horas de serviço para outro ambiente, sendo vencido pelo cansaço. Então o relaxamento corporal e mental pode ocasionar dispersão durante as análises. Já o engano, durante a leitura a *laser* e análises, pode ser ocasionado por uma possível falta de treinamento relativa ao trabalho no *stand* de alinhamento, ou falta de conhecimento sobre o que é uma estrutura de segmento. Isso refletirá na análise da leitura realizada e compreensão dos resultados. Os resultados que devem ser passados adiante para um inspetor ou supervisor, estão agora comprometidos por falta de conhecimento para um diagnóstico sobre como está o alinhamento do segmento ou falha para um julgamento sobre o que é necessário ser feitos para a correção do alinhamento; como adicionar ou remover os calços abaixo dos mancais.

Existem diferentes tipos de operadores de *laser*. Os que cometem transgressões são de certa forma infratores, pois são geradores de falhas comportamentais. Existem operadores que quando estão no *stand* de alinhamento, cometem transgressões de forma intencional, pois sabem que não serão punidos. Então começam a agir com esperteza ou falta de responsabilidade. Por exemplo, em segmentos cujo a tolerância é alta, o ato de modificar um valor por menor que seja, em torno de 0,01 milímetro, já pode ser considerado ato de transgredir. Grande parte da transgressão ocorre a pedido de supervisores, inspetores, assistente técnico e engenheiros que sabem que a pequena modificação de um valor não irá alterar o comportamento total de um equipamento, mas ocorre a preferência por desvio de padrão, para que o tempo seja otimizado e gerando menos gasto de energia dos executantes. Entretanto, existe transgressões não intencionais, que são usualmente quando algum operador novo chega ao *stand* de alinhamento da oficina de segmento e desconhece os padrões, ou um operador experiente que julga os padrões desnecessários ou sem importância. Esse comportamento pode ocasionar um grande problema durante a montagem de alguma parte do segmento ou o posicionamento na máquina de lingotamento.

O operador de *laser* deve estar sempre atento às reações cognitivas, pois ao receber um estímulo, como necessidade de mudança da posição do *laser* ou onde serão alocadas as referências no trabalho, deve estar apto a decidir para que seja possível realizar a análise de um outro ponto. Existe a necessidade de uma análise

sensorial, por exemplo, a visão de onde todas as referências podem ser capturadas pelo *laser tracker*. O operador deve julgar se a posição escolhida foi a melhor possível, dadas as circunstâncias.

Com relação ao desenvolvimento do aprendizado, o operador precisa estar ciente que ele está em um ambiente empresarial, que o processo de ensinar, avaliar e transmitir são importantes ao desenvolvimento e pode beneficiar membros de uma mesma equipe, funcionários da empresa ou outros participantes durante o serviço prestado. Dada a complexidade do processo de ensinar o operador, o mesmo deve ter uma base muito boa e ter desejo de aprender. De acordo com o Pallerosi *et al.* (2011), quem acredita que já sabe tudo, não tem condições de ensinar. Por exemplo, para realizar trabalho com *laser-tracker*, o operador precisa ter uma visão de resolução de problemas de forma analítica ou geométrica. Como a oficina de segmentos tem padrões e tempos de serviço estabelecidos, é necessário que operadores mais velhos queiram ensinar e acreditem que o outro pode aprender, dentro dos padrões de trabalho. Todo ensinamento deve ser passado seguindo padrões de forma não perturbar o aprendizado. O momento em que o novo operador começa a aprender ou assimilar, é quando ele recebe certa autonomia ou liberdade para realizar o serviço. O prazer de dominar um *software*, como o *Spatial Analyzer*, ou entender um procedimento com facilidade ocorre no processo de aprendizagem.

Durante os serviços prestados no *stand* de alinhamento dos segmentos de 1 a 14 é feita uma observação sobre o operador de *laser*. O operador de *laser* tem conhecimento prático e sabe que existem padrões de medição. Foi realizada uma amostragem aleatória de 4 dias de serviço somente com serviços referentes aos segmentos da posição 1 à posição 14, no *stand* pré-estabelecido. Na figura 4.1-*work-sampling* no *stand* 1-14, são demonstrados os dias anotados juntamente com a abreviação referida no tópico 3.3, índice de avaliação e desempenho.

Figura 4.1 – *Work-Sampling Stand 1-14*

| DATAS          | M      | I      | A      | D      | C      | S     | R      | L       | O      |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|
| 15/jul         | 2      | 2      | 3      | 7      | 3      | 1     | 3      | 3       | 2      |
| 19/jul         | 2      | 2      | 1      | 7      | 2      | 0     | 4      | 4       | 1      |
| 22/jul         | 2      | 2      | 2      | 3      | 0      | 0     | 4      | 4       | 2      |
| 29/jul         | 1      | 1      | 3      | 4      | 2      | 1     | 4      | 1       | 2      |
| TOTAL          | 7      | 7      | 9      | 21     | 7      | 2     | 15     | 12      | 7      |
| TOTAL GERAL    | 87     |        |        |        |        |       |        |         |        |
| PORCENTAGEM(%) | 0,0805 | 0,0805 | 0,1034 | 0,2414 | 0,0805 | 0,023 | 0,1724 | 0,13793 | 0,0805 |

Fonte: Do Autor (2019)

Através do *work-sampling* realizado sobre o operador e atividades nos *stands* 1-14 nos dias acima é possível definir os tempos produtivos diretos, indiretos e improdutos.

Tempo produtivo = L + M + I

Tempo produtivo indireto = D + R + S

Tempo improdutivo = O + C + A

Portanto, ao calcular os tempos, temos que 29,88% do Tempo é produtivo direto e está relacionado com a montagem do *laser*(M), com a Inicialização do *laser*(I) e a leitura acontecendo que é o ato de estar medindo(L). O tempo produtivo indireto é de 43,67 %, pois digitar no computador é onde se gasta um bom tempo e nem sempre é somente referente ao serviço realizado no *stand* 1-14. A reunião com pessoas no ambiente de trabalho (R), pode ser de outro serviço que não faz referência ao segmentos de 1-14 da mesma forma que se ausentar do local (S) pode estar relacionado a outro serviço. O tempo improdutivo, que faz referência a Falar ao celular (C), aguardar a manutenção atuar no serviço (A) e outras atividades (O) é quase o mesmo que o produtivo direto, sendo 26,43% do Tempo total de trabalho no dia.

Adicionalmente, existe uma medida de estressamento, pois o estressamento influi significativamente na performance das atividades humanas realizadas. Muitos fatores relacionados ao ambiente de trabalho podem sobrecarregar o organismo. A estes fatores pode-se adicionar pressões cotidianas. Todos estes fatores de acordo

com Pallerosi *et al.* (2011) podem ser analisados na figura 4.1 – Tabela de avaliação de estressamento, onde o nível de ocorrência, corresponde aos pontos (0 a 3) e devem ser comparados ao valor total (máximo) de 75 pontos, obtendo o percentual de estressamento. A referência utilizada foi baseada em questionamentos realizados a operadores que atuaram na oficina de segmento da Máquina 1.

Figura 4.2- Tabela de Avaliação de Estressamento

| OCORRÊNCIAS DIAGNOSTICADAS      |     |                                     | NÍVEL DE OCORRÊNCIA (FREQUÊNCIA) |           |          |          |
|---------------------------------|-----|-------------------------------------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
|                                 |     |                                     | Nenhum                           | Ocasional | Regular  | Sempre   |
|                                 |     |                                     | 0 Pontos                         | 1 Ponto   | 2 Pontos | 3 Pontos |
| F<br>Í<br>S<br>I<br>C<br>A<br>S | F1  | Pressão arterial alterada (elevada) | X                                |           |          |          |
|                                 | F2  | Palpitações, taquicardia            | X                                |           |          |          |
|                                 | F3  | Mãos e pés frios                    | X                                |           |          |          |
|                                 | F4  | Sudorese (Suor)                     |                                  | X         |          |          |
|                                 | F5  | Dores de Cabeça, exaureca           |                                  | X         |          |          |
|                                 | F6  | Dores nas Costas( Inferior)         |                                  |           | X        |          |
|                                 | F7  | Dores no Pescoço e ombro            |                                  |           | X        |          |
|                                 | F8  | má digestão, azia, náuseas, vômitos |                                  | X         |          |          |
|                                 | F9  | Diarréias ou prisão de ventre       | X                                |           |          |          |
|                                 | F10 | Úlceras, gastrite crônica           | X                                |           |          |          |
|                                 | F11 | Perda ou excesso de apetite         | X                                |           |          |          |

| OCORRÊNCIAS DIAGNOSTICADAS                               |    |                                      | NÍVEL DE OCORRÊNCIA (FREQUÊNCIA) |           |          |          |
|--|----|--------------------------------------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
|  |    |                                      | Nenhum                           | Ocasional | Regular  | Sempre   |
|  |    |                                      | 0 Pontos                         | 1 Ponto   | 2 Pontos | 3 Pontos |
| P<br>S<br>I<br>C<br>O<br>L<br>Ó<br>G<br>I<br>C<br>A<br>S | P1 | Insônia, fadiga                      |                                  | x         |          |          |
|  | P2 | Disfunções sexuais                   | x                                |           |          |          |
|  | P3 | Nervosismo                           |                                  |           | x        |          |
|  | P4 | Pesadelos                            | x                                |           |          |          |
|  | P5 | Sono Agitado, acordando várias vezes | x                                |           |          |          |
|  | P6 | Períodos de depressão                |                                  | x         |          |          |
|  | P7 | Períodos de euforia                  | x                                |           |          |          |

| OCORRÊNCIAS DIAGNOSTICADAS  |    |                                     | NÍVEL DE OCORRÊNCIA (FREQUÊNCIA) |           |          |          |
|---|----|-------------------------------------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
|   |    |                                     | Nenhum                           | Ocasional | Regular  | Sempre   |
|   |    |                                     | 0 Pontos                         | 1 Ponto   | 2 Pontos | 3 Pontos |
| C<br>O<br>M<br>P<br>O<br>R<br>T<br>A<br>M<br>E<br>N<br>T<br>A<br>I<br>S | C1 | Ingestão de Bebidas (álcool)        | x                                |           |          |          |
|   | C2 | Consumo de remédios, drogas         | x                                |           |          |          |
|   | C3 | Comer em excesso                    |                                  |           | x        |          |
|   | C4 | Preocupações excessivas             |                                  | x         |          |          |
|   | C5 | Sentimento de raiva ou intolerância |                                  |           | x        |          |
|   | C6 | Competitividade Pessoal             |                                  | x         |          |          |
|   | C7 | Frequentes acidentes, distração     | x                                |           |          |          |

Fonte: Do Autor (2019)

Como resultado do valor calculado a partir dos dados fornecidos na figura 4.2, existe o resultado na tabela 4.3 – Avaliação do porcentual de estressamento.

Figura 4.3 – Avaliação do Porcentual de Estressamento

| Avaliação do Porcentual de estressamento | TIPO                | QUANTIDADE DE PONTO |       | ÍNDICE DE ESTRESSAMENTO            |                |
|--|---------------------|---------------------|-------|------------------------------------|----------------|
|  |                     | Acumulado           | Geral | Valor(%)                           | Enquadramento  |
|  | Físico (F)          | 7                   | 17    | $I_E = 17 / 75 = 0,225$<br>(22,6%) | <b>FASE II</b> |
|  | Psicológicos (P)    | 4                   |       |                                    |                |
|  | Comportamentais (C) | 6                   |       |                                    |                |

Fonte: Do Autor (2019).

Portanto, pode-se afirmar que o operador está na fase II, demonstrada na figura 3.6 - índice de estressamento; que é quando o operador começa a entrar em uma zona negativa. A zona II é a fase de alarme ou de indícios. Etapa onde através do físico pode ocorrer aumento de batimentos cardíacos, de pressão arterial, dores de cabeça e leve acidez estomacal; assim como os fatores psicológicos, aumento irregular da motivação ao trabalho ou insônia. Por parte comportamental, desempenho irregular, tendência ao perfeccionismo ou relaxamento nas missões. Algumas formas de reduzir esse estressamento é praticar exercícios físicos não competitivos, alimentar-se de forma regular e saudável, encarar dificuldades de modo positivo, reavaliar os objetivos de vida, delegar funções e tarefas de modo objetivo e simples e elaborar lista de prioridades. Estas são algumas atividades a serem realizadas para melhorar a saúde do operador que estiver no nível ruim de estressamento.

## 5 CONCLUSÃO

O operador de *laser-tracker*, necessita de conhecimentos prévios e instrução sólida para responder aos desafios industriais. Mesmo o operador com mais de um ano na função atuando no *stand* 1-14, não está conseguindo atuar de forma segura no serviço, pois existem distrações como conversas referentes a outros tipos de serviços. Deve ser levado em consideração que existem duas oficinas de segmentos próximas, a da máquina 1 e a da máquina 2. Portanto, executores, supervisores e programadores interferem, quando entram em contato por telefone ou pessoalmente, pedindo que sejam feitos outros tipos de serviços. Com isso existe a necessidade de intercalar o serviço realizado no *stand* 1-14 com outros serviços nas máquinas 1 e 2. Este fator tem como resultado um aumento do tempo produtivo indireto, como consta na Figura 4.1 – *work-sampling stand* 1-14. A avaliação de estressamento foi realizada no período também próximo aos dias de trabalho na máquina 1, no *stand* 1-14. É possível perceber que o operador começa a entrar em uma zona de estresse negativo, começando a relaxar em serviço e, conseqüentemente, tendo um desempenho irregular. Diversas falhas humanas podem ser ocasionadas pelos erros ou transgressões, afim de tentar ganhar tempo em serviço ou saber que existe a possibilidade de sair sem punição ao cometer tais transgressões. Durante todo o processo de posicionamento do *laser* para a leitura do equipamento, foram identificadas diversas falhas que podem ser ocasionadas por fatores humanos. A sequência procedimental, segurança e ambiente sem muitas movimentações são essenciais para garantir a confiabilidade de uma boa leitura a *laser*.

### 5.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

O questionamento sobre o tempo necessário para aprendizado e conhecimento técnico para utilização do *laser-tracker*, pode ser delineado através de uma pesquisa direcionada para o fator de aprendizado, ainda sendo aplicado ao serviço de alinhamento na oficina de segmento do lingotamento contínuo. O *work-sampling* pode ser aplicado a um período mais longo, com a finalidade de maior precisão do resultado.

## REFERÊNCIAS

ALMACINHA, José A. **Introdução à Metrologia Dimensional**. 2016. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade De Engenharia, Universidade do Porto. Porto, 2016.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, API 770, **A Manager's Guide to Reducing Human Errors Improving: Improving in the Process Industries**, API Publication 770, USA,2001.

ARCELORMITTAL TUBARÃO – Disponível em: <<http://tubarao.arcelormittal.com/produtos/placas/index.asp>>. Acesso em 27 de março de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR ISO 9001/2015: **Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR/ISO 10012-1:**Garantia de requisitos de qualidade para equipamentos de medição**. Rio de Janeiro, 1993.

BARCELOS, Gustavo. D. C.; SILVA, Leanderson. C D. **Estudo Dos Registros De Manutenção de Segmentos Das Maquinas De Lingotamento Contínuo Da CST**. 2005. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BARROS, Maria H. B. **Confiabilidade Humana no Trabalho**: uma abordagem ergonômica na prevenção da falha humana em um processo de reestruturação produtiva. In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, 2006, Bauru. Anais do XIII Simpósio de Engenharia de Produção, 2006.

BERNARDES, Américo, t.; SANTOS, Maria C. H.; CARDOSO, Carlos A.; Santos, Luiz A. S.; **A metrologia e a Avaliação da Conformidade no Ensino de Engenharia**: Uma Proposta do INMETRO. In: XXXVIII - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Fortaleza, 2010. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/9/artigos/483.pdf>> Acesso em: 26 Mar. 2019.

BORCHARDT, Miriam. Implantação de um Sistema de Confirmação Metrológica. 154 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

CORREA, Carmen R. P.; CARDOSO, Junior M.M.; Análise e Classificação dos Fatores Humanos Nos Acidentes Industriais. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. V.17, n. 1, p.186-198, Jan/abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v17n1/12.pdf>> Acesso em: 14 Abr 2019.

CAMPOS, Carlos A. **Estudo de Conceitos de um Sistema de Gestão de Instrumentos utilizados na Metrologia Legal para Reduzir a Subjetividade Humana**. 99 f. Monografia – Programa de Pós-Graduação em Metrologia Legal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

COSTA, Igor. T. D.; DELLACQUA, Vinicius, S. *Análise Térmica Do Resfriamento De Um Rolo Da Máquina De Lingotamento Contínuo*. 2014. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Do Espírito Santo, Vitória, 2014.

FILGUEIRAS, Lúcia V. L.. **APIS: Método para Desenvolvimento de Interfaces Homem-Computador em Sistemas de Segurança visando à Confiabilidade Humana**. In: I WORKSHOP SOBRE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS: COMPREENDENDO USUÁRIOS, CONSTRUINDO INTERFACES, 1998, Maringá. Anais do I Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, 1998.

FONSECA, Ricardo, S. **Sistema Homem-Máquina – Uma Proposta de Conceituação**. Arquivo Brasileiro de Psicologia Aplicada. p. 202-210, jan/mar. 1975. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/abpa/article/viewFile/17163/15950>. Acesso em: 18 Abr 2019.

GALLAGHER, Benjamin B. *Optical Shop Applications For Laser Tracker Metrology Systems*. 2003. 207f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade do Arizona. Arizona.2003.

GERTMAN, D. I; BLACKMAN, H; MARBLE, J; BYERS, J; SMITH C. *The SPAR-H Human Reliability Analysis Method*. 2005. 230f. Regulamento da Comissão Nuclear dos Estados Unidos – Laboratório Nacional de Idaho. Washington. 2005.

GREFF, Gabriel P. *A study for the Development of a Laser Tracking System Utilizing Multilateration for High Accuracy Dimensional Metrology*. 2010. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecatrônica) – Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica, Universidade de Stellenbosch, África do Sul, 2010.

IIDA, I. *Novas Abordagens em Segurança do Trabalho*. **Produção**. Rio de Janeiro. V. 1, n. 2, p. 63-73, mar. 1991.

LAFRAIA, J. R. B. *Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade*. 1. ed. 374f. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MARCHESI, Alexsander O.; VALLADARES, Daniel M.; SONEGHETTI, Max S. **Gestão da Manutenção: Análise Das Trocas Prematuras De Segmentos Da Máquina De Lingotamento Contínuo 1 Da ArcelorMittal Tubarão**. In: 69 – CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA METALURGIA, MATERIAIS E MINERAÇÃO, 2014. São Paulo.

NETO, José A. D. N.; VIEIRA, Maria F.Q.; SANTONI, Charles. *Estratégias Para Prevenção do Erro Em Sistemas Elétricos: Um Estudo De Caso*. In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, Brasília, 2009. Disponível em: <https://fei.edu.br/sbai/SBAI2009/>. Acesso em 15 Abr 2019.

OUYANG Jianfei.F.; LIU Wan.L.; SUN D. X.; YAN Yonggang.G. *Laser Tracker Calibration Using Coordinate Measuring Machine*. 2005. *Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual American Society for Precision Engineering Meeting, Precision Engineering Institute, Henan Polytechnic University, Jiaozuo City*.2005.

OLIVEIRA, F. B. Interfaces Usuário-Máquina – Apostila Interfaces Homem Máquina. 51f. 2014. Disponível em:  
<[https://sistemas.riopomba.ifsudestemg.edu.br/dcc/materiais/1618984280\\_Apostila-Interfaces-Homem-Maquina.pdf](https://sistemas.riopomba.ifsudestemg.edu.br/dcc/materiais/1618984280_Apostila-Interfaces-Homem-Maquina.pdf)>. Acesso em 25 Abr 2019.

PALLEROSI, Carlos A ; MAZZOLINI, Luiz R. ; MAZZOLINI, Beatriz P. M. ; **Confiabilidade Humana** : conceitos, análises, avaliação e desafios. 356f. **São Paulo** : All Print Editora, São Paulo. 2011.

PALLEROSI, Carlos A. **Confiabilidade Humana**: Nova metodologia de análise qualitativa e quantitativa. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONFIABILIDADE. Florianópolis, 2008. Disponível em:  
<[http://www.arsymposium.org/southamerica/Simposio2008/presenters\\_2008/T2-S1%20paper.pdf](http://www.arsymposium.org/southamerica/Simposio2008/presenters_2008/T2-S1%20paper.pdf) >. Acesso em: 05 Fev. 2019.

SANTANA, Kelyanne S.; SANTOS, Áurea H. A.; Silva, Bruna. G.J.; SILVA Isabelly P.; **Confiabilidade Humana**: Uma Abordagem atual ao erro humano. In: ANAIS DO IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE. 2017, Sergipe: IX SIMPROD, 2017. Disponível em: <http://simprod.ufs.br/pagina/21037>. Acesso em: 08 abr. 2019

SILVA, P. G.; BERTONCELO, V.; COGO, F. Análise de Interfaces Homem-Máquina (IHM) em Equipamentos Controlados Eletronicamente. In: Encontro Internacional de Produção Científica. Maringá, 2011. Paraná: Anais Eletrônico do VII EPCC, 2011. Disponível em:  
<[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/gustavo\\_peloi\\_da\\_silva.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/gustavo_peloi_da_silva.pdf)>. Acesso em: 18 Abr 2019.

SWAIN, A. D; GUTTMANN, H. E. *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications*. Washington: Regulamento da Comissão nuclear dos Estados Unidos. California. 1983. 728f.  
<<https://www.nrc.gov/docs/ML0712/ML071210299.pdf>> Acesso em: 09 Abr. 2019

SOUZA, M.L.; SANTOS, A.A.B. **Confiabilidade Humana**: A Importância da Gestão Visual nos Procedimentos de Manutenção. In: XXXII – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte, 2011. Disponível em:  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_TN\\_STO\\_136\\_866\\_19155.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_136_866_19155.pdf)>Acesso em: 12 Fev. 2019

TERRA, Stela, X; NETO, Jaime D. P.; ROSA, Ariane F. P. D. **Confiabilidade humana**: um comparativo de métodos. In: III SIMPÓSIO GAÚCHO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Porto Alegre, 2018. Disponível em:  
<<https://even3.blob.core.windows.net/anais/120615.pdf>>. Acesso em: 13 Abr 2019.

SHIBATA, Deise.; SILVA, Lino, A. **Solidificação: Lingotamento Contínuo**. Universidade de São Paulo, Lorena – São Paulo, 2013.

SKF. **Customer Reference Case**: Carb toroidal roller bearings double service life in continuous caster. 2013 Disponível em: <<https://www.skf.com/binary/21-291785/index.html>>. Acesso em 18 Jul 2019.

RANHEL, João. Princípios Para Processos Cognitivos. **Revista Digital De Tecnologias Cognitivas**, São Paulo, Ed. 5. 2011. Disponível em: <[http://www4.pucsp.br/pos/tidd/teccogs/artigos/2011/edicao\\_5/2-principios\\_para\\_processos\\_cognitivos-joao\\_ranhel.pdf](http://www4.pucsp.br/pos/tidd/teccogs/artigos/2011/edicao_5/2-principios_para_processos_cognitivos-joao_ranhel.pdf)>. Acesso em 23 Abr. 2019.

REASON, J. *Human Error: Models and Management*. BMJ, 320, p.768-770, 2000. Departamento de Psicologia da Universidade de Manchester, Manchester. Disponível em: <[http://www.safetymed.com.br/arquivo/ErroHumano\\_Reason\\_BMJ2000.pdf](http://www.safetymed.com.br/arquivo/ErroHumano_Reason_BMJ2000.pdf)>. Acesso em: 16 Abr 2019.

VIEIRA, Paulo R. A Utilização de Máquinas Optoeletrônicas Portáteis de Longo Alcance para Medição Tridimensional como Fator de Otimização Fabril. 72 f. Monografia – Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas para Engenheiros, Centro Universitário da FEI, 2003.

VIDAL, Mário C.; CARVALHO, Paulo V.R. **Ergonomia Cognitiva: Raciocínio e Decisão no Trabalho**. Rio de Janeiro: Virtual Científica, 2008.