



FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC

PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU

GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

MARINILDA LIMA SOUZA

**ATENÇÃO EM TAREFAS CRÍTICAS DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE
CONFIABILIDADE HUMANA COM A TECNOLOGIA EYE TRACKING**

Salvador

2014

MARINILDA LIMA SOUZA

**ATENÇÃO EM TAREFAS CRÍTICAS DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE
CONFIABILIDADE HUMANA COM A TECNOLOGIA EYE TRACKING**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu da Faculdade Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial

Orientador: Prof.^a Dr.^a Camila Pereira Sousa Guizzo

Coorientador: Prof. Dr. Alex Álisson Bandeira Santos

Salvador

2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI
Cimatec

Souza, Marinilda Lima.

Atenção em tarefas críticas de Manutenção: um Estudo de Confiabilidade Humana
com a Tecnologia Eye tracking / Marinilda Lima Souza. - Salvador, 2014. XXXf.

1. atenção 2. confiabilidade humana 3.manutenção industrial 4.eye tracking
5. procedimentos.

CDDxxxxx

MARINILDA LIMA SOUZA

**ATENÇÃO EM TAREFAS CRÍTICAS DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE
CONFIABILIDADE HUMANA COM A TECNOLOGIA EYE TRACKING**

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a. Camila Pereira Sousa Guizzo - Orientadora
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Prof. Dr. Alex Álisson Bandeira Santos – Coorientador
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Prof. Dr. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho
Universidade Federal Rio Janeiro - IEN- Instituto de Engenharia Nuclear
Divisão de Instrumentação e Confiabilidade Humana.

Prof. Dr. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos
Universidade Federal Rio Janeiro - IEN- Instituto de Engenharia Nuclear
Divisão de Instrumentação e Confiabilidade Humana.

Prof. Dr. Renelson Ribeiro Sampaio
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

A vida é um incêndio: nela
dançamos, salamandras mágicas
Que importa restarem cinzas
se a chama foi bela e alta?
Em meio aos toros que desabam,
cantemos a canção das chamas!

Cantemos a canção da vida,
na própria luz consumida...

Mario Quintana

Á Meire Lima in *memoriam*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a força criadora e seus espíritos de Luz por me presentear com o dom divino da vida;

À minha mãe, eterna *musa inspiradora* e grande incentivadora que com sua paciência e sabedoria ajuda na construção do meu caminhar;

Ao meu querido pequenino Naymê Mabili que com sua alegria ilumina meus dias;

À Everaldo Carvalho pelo companheirismo e cumplicidade na vida pessoal e acadêmica;

E lembrando Albert Camus “*não é nenhuma vergonha ser-se feliz; vergonhoso é ser feliz sozinho*”. Meu muito obrigado à minha família, meus irmãos e amigos pelo carinho e confiança sempre;

Esta monografia não seria a mesma sem a colaboração preciosa da amiga e professora Dr.^a Camila Pereira Guizzo. Orientadora, motivadora e cúmplice de todo processo de construção da pesquisa. Obrigada Camila pelo incentivo, compromisso e exigência, porém, sem jamais perder a sutileza, a gentileza e generosidade. Na certeza que nossa amizade e parceria acadêmica durarão muito;

Ao Dr. Alex Alisson Bandeira Santos pela coorientação e suas competentes considerações a respeito do estudo. Obrigada pelos questionamentos e sugestões para aperfeiçoamentos dos testes, pois foram fundamentais para o resultado da dissertação;

Ao Professor Dr. Isaac Luquetti por ter possibilitado a realização do estudo piloto que iniciou esta jornada, por ter aceitado o convite e pelo aprofundamento dos questionamentos e observações constantes na qualificação;

Ao Professor Dr. José Maria León Rubio, o qual por meio do intercâmbio de cooperação possibilitou a participação nos experimentos que muito contribuiu para a familiarização, capacitação e análise dos dados com a tecnologia eye tracking;

Meu agradecimento ao Professor Dr. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho pela gentileza de ter aceitado o convite para a banca de defesa;

Ao Professor Dr. Renelson Sampaio por ter aceitado compor a banca de avaliação e pelas considerações e vigorosas observações na qualificação;

Devo registrar aqui meu agradecimento ao apoio do Centro Tecnológico da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, mas especificamente, a Diretoria do SENAI - BA, ao Dr. Alex Álisson Bandeira Santos e ao Srº Lucas Dayube por acolher a pesquisa, pela credibilidade e confiança no desenvolvimento da dissertação;

Ao Engenheiro Celso Figueirôa pelo despertar do interesse no tema e pelos proveitosos debates sobre os estudos sobre confiabilidade humana. Ao Engenheiro César Pimentel, ao Srº Antonio Roberto de Lima e Derval Leite pela atenção e colaboração na etapa de coleta de dados;

Meu reconhecimento e agradecimento aos profissionais atuantes na área de manutenção industrial, em especial aos que participaram da pesquisa, que muito tem a contribuir para melhoria do desempenho humano nas atividades dos processos produtivos, porém, ainda precisam e merecem ser ouvidos;

Minha gratidão aos colegas de trabalho da área de Manutenção Industrial do SENAI CIMATEC que talvez sem perceberem, me inspiram e ensinam ao longo do caminho;

Aos amigos do Núcleo de Energia, pela amizade e carinho, por ter me adotado e pelos momentos de alegria que dividimos ao longo destes anos. Luzia, Paulo Neves e Turan obrigada pelo apoio, reconhecimento e incentivo;

Aos colegas do Mestrado GETEC e ao seu corpo docente pelo aprendizado e pela alegria de fazer novos amigos;

A estes e outros que ficaram no anonimato, a minha gratidão.

RESUMO

Pesquisas sugerem que a falha humana é um dos principais problemas para ocorrências indesejáveis nas atividades de operação e manutenção industrial. Com essa preocupação, a confiabilidade humana é uma área que vem se estruturando na pesquisa e na prática por incorporar métodos e técnicas com a finalidade de melhorar o desempenho humano principalmente em sistemas produtivos complexos. Pressupondo-se que a atenção durante a realização de tarefas críticas pode diferir conforme nível de experiência do executante na função, este estudo se propõe a mapear o movimento do olhar do executante, no que tange a análise e execução nas tarefas críticas de manutenção. A pesquisa conta com a participação de profissionais da área de manutenção industrial, divididos em dois grupos: executantes experientes (com mais de 10 anos de atuação na atividade) e executantes novatos (com no máximo 02 anos de atuação na atividade). Desta forma, a estrutura metodológica utilizada para alcançar os objetivos definidos foi constituída do uso de questionário para caracterização da amostra; seleção e monitoramento do procedimento prescrito; uso do rastreador ocular (eye tracking). Para a análise quantitativa, foram utilizadas como referência as métricas: instante de primeira fixação, tempo total de fixação e número de visitas bem como, a representação gráfica dos dados (gazeplot, heatmap e cluster). Para verificar as diferenças significativas entre os grupos foi realizado teste de Mann Whitney. Os principais resultados apontaram algumas diferenças significativas nos processos cognitivos envolvidos no fenômeno da atenção dos executantes experientes e novatos. Discute-se a partir destes resultados a importância de elaboração de procedimentos centrados na expertise dos executantes e ações de capacitação para fortalecer a confiabilidade humana na manutenção industrial.

PALAVRAS-CHAVE: atenção, manutenção industrial, confiabilidade humana, eye tracking, procedimentos.

ABSTRACT

Research suggests that human error is a major problem for undesirable occurrences in industrial operation and maintenance activities. With this concern, human reliability is an area that has been structuring the research and practice by incorporating methods and techniques in order to enhance human performance, especially in complex production systems. Assuming that attention during the performance of critical tasks may differ depending on level of experience of performing the function, this study proposes to map the movement of the eyes of the performer, regarding the analysis and execution of critical maintenance tasks. The research relies on the participation of professionals in industrial maintenance, divided into two groups: experienced performers (with over 10 years in the job) and novice performers (with a maximum of 02 years in the job). In this way, the methodological structure used to achieve the goals set was incorporated the use of questionnaire for sample characterization; selection and monitoring of the prescribed procedure; use of eye tracking (eye tracking). For quantitative analysis, were used as reference metrics: time to first fixation, fixation time and the total number of visits as well as the graphical representation of data (gazeplot, heatmap and cluster). To verify the differences between groups was performed Mann Whitney test. The main results showed some significant differences in the cognitive processes involved in the phenomenon of attention from experienced and novice performers. It is argued from these results the importance of developing procedures focused on expertise of performers and training activities to strengthen human reliability in industrial maintenance.

Keywords: attention, industrial maintenance, human reliability, eye tracking, procedures.

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1- Modelo Swiss Cheese.....	32
FIGURA 2- Classificação de Erros proposta por Rasmussen.....	34
FIGURA 3- Fluxo de Publicação.....	37
FIGURA 4 Ambiente Ocupacional.....	38
FIGURA 5- Modelo CARMAN.....	47
FIGURA 6- Eye Tracker - Modelo Móvel.....	60
FIGURA 7- Eye Tracker - Modelo X2-30/60.....	60
FIGURA 8- Ambiente de Teste.....	63
FIGURA 9- Procedimento sem Sinalização.....	66
FIGURA 10- Procedimento Sinalizado.....	66
FIGURA 11- Eye Tracker - Modelo Fixo.....	67
FIGURA 12- Definição das AOIs – Áreas de Interesse.....	71
FIGURA 13- Ilustração Tipo Gazeplot.....	72
FIGURA 14- Ilustração Tipo Heatmap.....	73
FIGURA 15- Ilustração Tipo Cluster.....	73
FIGURA 16- Trajetória de Busca do GN e do GE nas Fixações Iniciais no Procedimento Sem Sinalização.....	78
FIGURA 17- Trajetória de Busca do GN e GE no Procedimento Sem Sinalização.....	79
FIGURA 18- Trajetória de Busca do GN e do GE nas Fixações Iniciais no Procedimento Sinalizado.....	83
FIGURA 19- Trajetória de Busca do GN e do GE no Procedimento Sinalizado.....	84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Artigos Relacionados ao Setor Industrial.....	39
TABELA 2- Características da Amostra.....	62
TABELA 3- Interpretação das Fixações nos Primeiros 5 segundos no Procedimento sem Sinalização	75
TABELA 4- Análise Descritiva e Comparação entre o GN e GE no Procedimento sem Sinalização	76
TABELA 5- Interpretação das Fixações nos Primeiros 5 segundos no Procedimento Sinalizado.....	80
TABELA 6- Análise Descritiva e Comparação entre o GN e GE no Procedimento Sinalizado.....	81

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACH - Análise de Confiabilidade Humana
API - American Petroleum Institute
AOI - Areas of Interest
BPO- Back Pull Out
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CARMAN - Consensus based Approach to Risk Management
CNI - Confederação Nacional da Indústria
FAA - Federal Aviation Administration
GE - Grupo dos Experientes
GN - Grupo dos Novatos
HRA - Human Reliability Analysis
ICAO - Internacional Civil Aviation Organization
IEA - Associação Internacional de Ergonomia
ISO - International Organization for Standardization
MTE - Ministério do Trabalho e Emprego
NBR - Norma Brasileira Regulamentadora
NF – Número de Fixações
NUREG - Nuclear Regulation
NV – Número de Visitas
OHSAS - Occupational Health and Safety Assessment Services
OIT - Organização Internacional do Trabalho
PEH - Probabilidade de Erro Humano
PFS - Performance Shaping Factor
PIB - Produto Interno Bruto
PS - Fatores de Desempenho
SMS - Saúde, Meio Ambiente e Segurança
THERP - Technique for Human Error Rate Prediction
TPF- Tempo para Primeira Fixação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Problema de Pesquisa	18
1.2 Objetivo	19
1.3 Importância da Pesquisa	19
1.4 Aspectos Metodológicos.....	21
1.5 Organização da Dissertação	21
2 CONFIABILIDADE HUMANA : ASPECTOS CONCEITUAIS	23
2.1 Classificação e Análise dos Erros Humanos	30
2.1.1 O modelo “Queijo Suíço” proposto por Reason.....	31
2.1.2 A Classificação dos erros e violações segundo Rasmussen	33
3 CONFIABILIDADE HUMANA NOS PROCESSOS PRODUTIVOS	40
3.1 Os Artigos Focados Exclusivamente no Setor Industrial.....	38
3.2 Confiabilidade Humana e sua importância na Manutenção Industrial	37
3.3 O Fenômeno da Atenção nos Sistema Complexos	49
3.4 O uso do Eye Tracking(Rastreador Ocular) como Tecnologia de Investigação para Análise da Atenção	49
4 MÉTODOS	62
4.1 Tamanho da Amostra	62
4.2 Local da Coleta de Dados	63
4.3 Estudo Piloto	64
4.4 Procedimento Prescrito e Equipamento.	65
4.4.1 Procedimento Prescrito	65
4.4.2 O dispositivo Eye Tracking	67
4.5 As Métricas de Análise e Representação Gráfica dos Dados	69
5 RESULTADOS	75
5.1 Análise e Comparação da Atenção e Tempo de Resposta durante o monitoramento da tarefa com o Procedimento sem Sinalização – Grupo dos Experientes e Grupo dos Novatos.....	75
5.2 Análise da Trajetória de Busca Visual Especifica por Grupo GE E GN – Procedimento sem Sinalização	77
5.3 Análise e Comparação da Atenção e Tempo de Resposta durante monitoramento da tarefa com o Procedimento Sinalizado – Grupo dos Experientes e Grupo dos Novatos	Erro! Indicador não definido.
5.4 Análise da Trajetória de Busca Visual Específica por Grupo GE e GN - Procedimento Sinalizado.....	82

6 DISCUSSÃO	86
6.1 Análise dos Resultados entre os Grupos com o Procedimento Sem Sinalização.....	86
6.2 Análise dos Resultados entre os Grupos com o Procedimento Sinalizado	95
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
7.1 Limitações da Pesquisa.....	95
7.2 Atividades Futuras.....	95
REFERÊNCIAS.....	96
APÊNDICE	102
ANEXOS	103

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o documento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, 2013) a implantação e legitimação dos estudos e atividades de pesquisa na área interdisciplinar advêm da necessidade de se dar conta de novos problemas que emergem no mundo contemporâneo, de diferentes naturezas e com variados níveis de complexidade, decorrentes do avanço dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Segundo o documento da CAPES entende-se por Interdisciplinaridade:

A convergência de duas ou mais áreas do conhecimento, não pertencentes à mesma classe, que contribua para o avanço das fronteiras da ciência e tecnologia, transfira métodos de uma área para outra, gerando novos conhecimentos ou disciplinas, com formação básica sólida e integradora (CAPES, 2013 p.12).

Para Etges (1993) a interdisciplinaridade é antes de tudo uma perspectiva e uma exigência que se coloca no âmbito de um determinado tipo de processo. Ela tem basicamente a ver com a procura de um equilíbrio entre a análise fragmentada e a síntese simplificadora. Entre a especialização e saber geral, entre o saber especializado do cientista e do *expert*.

Ao abordar os desafios para pesquisa e publicação interdisciplinares, Barra (2013), relata que as pesquisas interdisciplinares contribuem para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação, pois englobam problemas e necessidades reais, objetivando soluções integradoras que são fundamentais na geração de conhecimento. Segundo a autora, a interdisciplinaridade não ocorre simplesmente pela junção de saberes de diferentes áreas, mas sim, pela integração e compartilhamento de conhecimentos, habilidades e métodos que operacionalizem a criação de novos conceitos e técnicas advindos dessa junção e complementa que a pesquisa interdisciplinar, pela sua própria natureza, resulta em novas abordagens teórico-metodológicas e contribui para a formulação de novos paradigmas.

Neste sentido, segundo regulamentação da CAPES (2013) os estudos que contemplam a interdisciplinaridade tem papel estratégico já que:

Estabelece a relação entre saberes, propõe o encontro entre o teórico e o prático, entre o filosófico e o científico, entre ciência e tecnologia, entre ciência e arte, apresentando-se, assim, como um conhecimento que responde aos desafios do saber complexo. Assim, a interdisciplinaridade se caracteriza como espaço privilegiado, em virtude de sua própria natureza transversal e avança para além das fronteiras disciplinares, articulando, transpondo e gerando conceitos, teorias e métodos, ultrapassando os limites do conhecimento disciplinar e dele se distinguindo, por estabelecer pontes entre diferentes níveis de realidade, lógicas e formas de produção do conhecimento. (CAPES, 2013 p.12).

Barra (2013) identifica que embora ainda existam algumas dificuldades para a produção e difusão de pesquisas interdisciplinares, nos últimos anos, a necessidade do desenvolvimento deste tipo de pesquisas tem sido discutida e apresentada, incluindo linhas específicas de incentivo dos órgãos de fomento, do governo e da indústria. Segundo a autora, a complexidade da ciência é de tal magnitude que nenhuma área isolada seria capaz de atender às crescentes demandas que se apresentam a cada dia para cidadãos, governos e instituições de pesquisa e os estudos interdisciplinares tem justamente a finalidade de preencher esta lacuna.

Para reforçar a importância de estudos na área interdisciplinar no contexto do campo educacional e da atividade de pesquisa, o documento da CAPES (2013) destaca que:

Novas formas de produção de conhecimento enriquecem e ampliam o campo das ciências pela exigência da incorporação de uma racionalidade mais ampla, que extrapola o pensamento estritamente disciplinar e sua metodologia de compartimentação e redução de objetos. Se o pensamento disciplinar, por um lado, confere avanços à ciência e tecnologia, por outro, os desdobramentos oriundos dos diversos campos do conhecimento são geradores de diferentes níveis de complexidade e requerem diálogos mais amplos, entre e além das disciplinas. (CAPES, 2013, p.12).

Quanto ao aspecto da interdisciplinaridade no presente estudo, vale trazer as considerações proposta pelo Guia de Fatores Humanos do FAA - Federal Aviation Administration, (2008). Segundo a publicação, as pesquisas sobre o Fator Humano envolve um conjunto de cuidados pessoais, biológicos, médicos e psicológicos visando obter a melhor operação, controle e manutenção, o que compreende um esforço multidisciplinar com o objetivo de gerar e compilar informações sobre a potencialidade e a limitação humana, aliando estas informações aos equipamentos,

sistemas, procedimentos, tarefas, ambiente, treinamento e gerenciamento, buscando assim alcançar a efetiva melhoria do desempenho humano.

Dada à natureza multidisciplinar, os estudos e pesquisas do campo de conhecimento chamado de confiabilidade humana se consolidam a partir da relação com diversas áreas: engenharia, psicologia cognitiva, gestão da manutenção, dentre outras. Já o desafio desta pesquisa de mestrado é produção de conhecimento que contemple a convergência de áreas distintas do saber indo ao encontro de uma proposta interdisciplinar que possa contribuir para o avanço da ciência, da tecnologia e de novas abordagens teórico-metodológicas.

Feitas tais considerações, a motivação para buscar este novo desafio, o mestrado profissional, advém não somente devido à escassez de estudos que contemplem aspectos de confiabilidade humana nas atividades industriais, como também pela minha atuação profissional na área de manutenção.

A escolha do tema em estudo se deve pelo meu interesse enquanto pesquisadora, mas também, pela minha vivência profissional de 24 anos , na área de manutenção, dos quais , 17 anos atuei na manutenção, inspeção e liberação de aeronaves. Nos cinco primeiros anos de profissão atuava como mecânica especialista em turbinas. Após três anos, passei a ocupar a função de inspetora de produção, responsável pela qualidade dos serviços, coordenação e gerenciamento de atividades, liderança de equipe e liberação das atividades de manutenção de aeronaves. Posteriormente, já na auditoria de qualidade atuei na elaboração de melhoria de padrões e procedimentos para executantes de manutenção. A partir de 2007, passei a atuar como consultora em confiabilidade humana na área de manutenção e operação na indústria de processos químicos e petroquímicos.

Enquanto pesquisadora, ao elaborar o trabalho de final de curso (TCC) do MBA em Gestão da Manutenção: “Confiabilidade humana: a importância da linguagem visual nos procedimentos de manutenção”, pude empiricamente constatar a ausência de estudos sobre a tomada de decisão dos executantes em tarefas críticas de manutenção, cujas referências foram os estudos sobre fatores humanos e gestão da manutenção (Pedrassani, 2001; Borges, 1991; Lessa, 2004; Reason, 2003, Hollnagel, 2005; Embrey, 2000; Pimentel e Figueirôa, 2009).

Na atualidade, as pesquisas sobre confiabilidade humana buscam entender de modo multidisciplinar, como o ser humano participa como elemento essencial dos processos. Os sistemas tornaram-se mais complexos e mais difíceis de serem utilizados, seja em termos de gestão, bem como, em termos de controle, operação, manutenção ou monitoramento. Segundo Hollnagel (2005), esta complexidade traz como consequência a exigência de uma variabilidade do desempenho humano a inúmeros ajustes com a finalidade de garantir a funcionalidade do sistema.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

As pesquisas na área de confiabilidade humana sinalizam a necessidade de elaboração de procedimentos de manutenção centrados nos executantes e na sua experiência. Os profissionais experientes atuantes nas atividades de manutenção possui papel fundamental para a execução e garantia da qualidade de serviços neste segmento em função do nível elevado de risco de acidentes ou incidentes. Os estudos sinalizam que a experiência na tarefa pode facilitar na atenção seletiva para aquilo que de fato é relevante na execução da atividade, contribuindo para criar barreiras mitigadoras e evitar as falhas humanas. No entanto, percebe-se que a transferência dessa aprendizagem ocorrida aos longos de experiência na execução da tarefa, para os novatos, ainda é um desafio na produção de conhecimento. Como cada tarefa tem uma natureza situacional e contextual, torna-se importante questionar: em que medida a expertise dos profissionais experientes pode influenciar no processo de atenção durante a realização de tarefas críticas no setor de manutenção quando comparados aos profissionais com pouca experiência na função?

1.2 OBJETIVO

Verificar e analisar a existência de diferenças significativas entre o fenômeno da atenção e o tempo de resposta entre os executantes experientes e novatos durante a realização de tarefas críticas de manutenção industrial.

Como objetivos específicos pretende-se:

- Comparar o processo de atenção e o tempo de resposta durante o monitoramento da tarefa pelo executante experiente e pelo novato com o procedimento sem sinalização;
- Comparar o processo de atenção e o tempo de resposta durante o monitoramento da tarefa pelo executante experiente e pelo novato com o procedimento sinalizado;
- Analisar a trajetória de busca visual do grupo experiente e novato com o procedimento sem sinalização;
- Analisar a trajetória de busca visual do grupo experiente e novato com o procedimento sinalizado

1.3 IMPORTÂNCIA DA PESQUISA

Embora estejam ocorrendo progressos na confiabilidade dos sistemas, os numerosos registros de acidentes do trabalho no Brasil permitem inferir que ainda há lacunas nesses processos. Oliveira (2003) ao analisar os aspectos culturais das empresas em relação à consolidação de ações destinadas à melhoria dos ambientes e das condições de trabalho percebeu que as mesmas nem sempre são eficazes. O autor relatou que milhares de trabalhadores no Brasil morrem ou mutilam-se todos os anos em decorrência de acidentes do trabalho, cujas causas variam desde precariedade das condições físicas do ambiente até comportamentos inadequados daqueles que executam o trabalho.

Neste sentido, os estudos sobre a ação humana nos sistemas complexos têm como proposta contribuir de maneira significativa para redução de acidentes e ocorrências operacionais indesejáveis.

Na atividade industrial, a formação e capacitação da equipe de trabalho é um dos recursos fundamentais que impactam na produtividade e qualidade de produtos e serviços. Existe uma determinada classificação hierárquica entre funções (cargos) e execução de tarefas de manutenção. Neste sentido, o atributo experiência dos profissionais atuantes nas atividades de sistemas complexos é uma ferramenta valorativa e que pode ser abordada com a finalidade de facilitar a aquisição de habilidades e pericia para os executantes novatos de diversas maneiras: *monitoria, on the job training*, dentre outros.

Os estudos sobre a atividade humana no controle de sistemas, processos de atenção e tempo de respostas são de fundamental importância para a redução de falhas humanas. A expectativa é que os resultados dessa pesquisa contribuam para a redução de falhas decorrentes de interferências humanas nas atividades de manutenção.

Ao avaliar o potencial de contribuição tecnológica da pesquisa é bastante pertinente ressaltar não somente a possibilidade de melhoria do desempenho humano nas atividades crítica do setor de manutenção, mas, sobretudo, a colaboração do estudo nas eliminações de ações que possam causar incidentes ou acidentes. Os resultados dentro de um processo de retroalimentação servirão para o levantamento de necessidades para melhoria do desempenho na execução da atividade e capacitação profissional. Essas implicações de feedback dos resultados para capacitação profissional são benefícios diretos aos participantes da pesquisa. Neste aspecto, além de pensar em prevenção, a pesquisa fornece subsídios para possibilitar a elaboração de projeto e o planejamento de sistemas sociotécnicos mais robustos.

Desta forma, esse projeto de pesquisa pretende contribuir, de forma quantitativa, na discussão sobre a interação de fatores relacionados à redução de falhas decorrentes de interferências humanas, considerando a utilização do rastreador ocular para desenvolvimento dos cenários mapeados através da *expertise* dos executantes. A elaboração deste trabalho é extremamente motivador tanto pela hipótese de melhoria do desempenho humano nas tarefas de manutenção quanto, pela possibilidade de incorporar o uso da tecnologia eye tracking nos estudos de

gerenciamento de risco, do fenômeno da atenção e trajetória visual na área de manutenção.

São desconhecidos ou escassos os estudos relativos à utilização do eye tracking no monitoramento e execução de tarefas críticas do setor de manutenção, portanto o grande diferencial do projeto é a sua proposta de inovação e originalidade vez que, abre a possibilidade de se poder explorar e obter futuras investigações sobre a utilização da metodologia eye tracking aplicada no processo de atenção e tempo de resposta na execução de tarefas críticas da área da manutenção industrial.

1.4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para cumprir o objetivo proposto, ao longo da pesquisa, os seguintes procedimentos são utilizados: a) questionário para caracterização da amostra; b) registro do procedimento prescrito e c) a utilização do dispositivo rastreador ocular (*eye tracking*). Vale destacar que, os dados e as métricas de análise serão apresentados em representação gráfica através do software *Tobii Studio*.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está subdividida da seguinte maneira: No capítulo I, é apresentada a introdução que inclui a definição do problema, a justificativa, a motivação, o credenciamento da pesquisadora com o tema proposto, a descrição do tema, o contexto geral para a realização da pesquisa, bem como o objetivo geral e os específicos.

No capítulo II, intitulado: Confiabilidade Humana: Aspectos Conceituais são apresentados à fundamentação teórica e conceituação clássica no sentido de se identificar as diferentes áreas de abordagens e as instituições que estudam o assunto, bem como, as variadas formas e técnicas de Análise de Confiabilidade Humana - ACH.

O capítulo III, intitulado Confiabilidade Humana nos Processos Produtivos traz a revisão da literatura nacional sobre os estudos de confiabilidade humana nos processos produtivos bem como, a importância do tema para a Manutenção Industrial. Neste capítulo também se discute o fenômeno da atenção nos sistemas complexos e o uso do eye tracking como tecnologia de investigação para análise da atenção.

O método e o procedimento prescrito são mostrados no capítulo IV. Neste capítulo também é apresentado o tamanho da amostra, o local da coleta de dados, o estudo piloto, o procedimento prescrito, o tipo de eye tracking utilizado bem como, as métricas de análise e a representação gráfica dos dados.

Os resultados do estudo são apresentados no capítulo V. No capítulo são mostradas as análises das métricas de instante de primeira fixação, tempo de fixação em cada área, tempo total de fixações e números de visitas. Neste capítulo também é exibida a representação gráfica da trajetória de busca visual através do gazeplot, heatmap e cluster por grupo.

No capítulo VI são discutidos os resultados do estudo de uma forma geral.

O capítulo VII são tecidas as considerações finais, as limitações do estudo e as propostas das atividades futuras da pesquisa.

2 CONFIABILIDADE HUMANA : ASPECTOS CONCEITUAIS

A busca incessante de melhoria nos processos de produção tem desenvolvido sistemas com níveis consideráveis de segurança e confiabilidade. A crescente utilização de dispositivos tecnológicos nos processos industriais tem demandado novos conhecimentos, habilidades e competências dos profissionais que atuam neste segmento. Ao abordar o fator humano nos processos industriais, Villemeur (1992), ressalta que para atender o crescimento industrial os sistemas tem se tornado mais complexo e, estes estão cada vez mais incompatíveis com a capacidade e limitação dos profissionais que desenvolvem tais atividades. Assim, nota-se que o investimento nos processos produtivos precisa contemplar um dos elementos essenciais: a participação humana.

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2013) apontou por meio de um levantamento da inspeção em Segurança e Saúde no Trabalho, registrado de janeiro a dezembro de 2012, no Brasil, dados de 760 acidentes analisados na indústria e 529, na construção. Inclusive, a indústria e a construção se destacaram quando comparados com os demais setores econômicos. No último relatório divulgado sobre doenças ocupacionais, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) destaca que dois milhões de trabalhadores são mortos a cada ano em decorrência dos acidentes de trabalho. Segundo dados da OIT estima-se que os acidentes relacionados ao trabalho e doenças resultam em uma perda anual de 4% do produto interno bruto global – PIB - (OIT, 2013). Ressalte-se que os acidentes de trabalho trazem várias consequências desde as econômicas e sociais até aquelas que se refletem diretamente sobre o indivíduo e sua família, como exemplo pode ser citado: a incapacidade temporária para o trabalho, invalidez, morte, incapacidade parcial, transtornos psicológicos, dentre outros problemas.

Ao realizar análise sobre prevenção de acidentes industriais, Michel Llory (1999) destaca que:

O acidente industrial provoca uma onda de choque no tecido social, abala convicções, semeia ou desperta o medo, exaspera as posições e as opiniões pessoais. Essa onda de choque tem consequências poderosas, que nem sempre não imediatas, longe disso, nem necessária e facilmente analisáveis ou quantificáveis. Mas pode-se

dizer que tais acidentes perturbam e chocam as consciências, depois afetam as pessoas silenciosamente, de forma que às vezes leva muito tempo para revelar-se: a ausência de reações visíveis, barulhentas, não significa a ausência de efeitos. (LLORY, 1999, p. 156).

De acordo com o autor (1999), há lições importantes a ser aprendida com o acidente, razão pela qual, o acidente não deve ser esquecido. Para o autor, através da análise e estudos sobre o acidente pode-se garantir o aprendizado de lições benéficas para a sua prevenção. Llory (1999) destaca que o esquecimento do acidente pode representar, como consequência mais drástica, a negação deliberada dos questionamentos necessários e o silêncio individual e/ou coletivo como forma de proteção e ocultação dos sentimentos desagradáveis despertados pela lembrança do acidente.

Para Reason (1997) os acidentes são administrados por dois processos comuns às organizações: produção e proteção e são causados por três fatores: humanos, técnicos e organizacionais. Neste aspecto, faz-se necessário criar barreiras com o objetivo de: remover, minimizar ou proteger-se de danos operacionais. A abordagem proposta por Reason (1997) tornou-se referência para pesquisadores e estudiosos sobre a temática em diversas áreas: Engenharia, SMS, Ergonomia, Fatores Humanos, Psicologia Cognitiva, Análise de Sistemas, entre outras.

Segundo Hollnagel (2002) na citação do modelo epidemiológico de causas de acidentes, fica claro que as ações do homem, embora 'disparadoras', ocorrem em decorrência de várias ações inseguras e condições latentes. Essas condições podem ter várias origens: limitação de regulamentos, procedimentos incompletos, mensagens mistas, pressão na produção, mudança de responsabilidade, treinamento inadequado, distração, manutenção adiada, tecnologia, dentre outras questões. Na análise das causas dos acidentes, Gasparini et al (1990) também destacam: a multiplicidade de causas; os fatores ambientais de riscos desencadeados em períodos diversos; os critérios de saúde e segurança adotados pelas pessoas e pela empresa; as condições perigosas, insalubres e penosas; os maus hábitos com relação à proteção pessoal diante dos riscos; o desconhecimento dos riscos de determinadas operações; o valor dado à própria vida; o excesso de autoconfiança ou irresponsabilidade; a organização e pressão para produzir; o imediatismo e ausência de treinamento adequado.

Hollnagel (1993) enfatiza que o erro humano ocorre quando uma ação falha ao produzir um resultado esperado ou produz consequências não desejadas. Pesquisas (Borges, 1991; Lessa, 2004; Reason, 2003) demonstram que a falha humana é uns dos principais problemas nas atividades de operação e manutenção. Contudo, este dilema pode ser resolvido a partir de uma série de medidas combinadas, tendo como foco principal a organização do trabalho.

Por definição confiabilidade humana pode ser compreendida como a probabilidade de que um sistema que requer ações, tarefas ou trabalhos humanos seja completado com sucesso dentro de um período requerido, assim como a probabilidade que nenhuma ação humana estranha seja desempenhada em detrimento à confiabilidade e disponibilidade do sistema. (HOLLNAGEL apud MAIDA, 1996). Assim, a análise de confiabilidade humana investiga a execução das ações humanas em um sistema, considerando os aspectos que influenciam no seu desempenho.

De acordo com o Internacional Civil Aviation Organization (ICAO):

O estudo do fator humano abarca os aspectos do comportamento e desempenho humano: a tomada de decisão, os processos cognitivos, o projeto dos instrumentos e das cabines de pilotagem, as comunicações e o suporte lógico dos computadores; mapas, cartas, manuais de operações; check list, entre outros, transformando-se numa ciência multidisciplinar por natureza. (ICAO, 2002, p. 02).

O guia de fator humano da ICAO (2002) destaca que o termo erro humano é usado e pensado frequentemente de forma negativa. No entanto, os estudos sobre fatores humanos é um campo multidisciplinar dedicado à melhoria do desempenho humano e à redução de erros humanos que incorpora métodos e princípios das ciências comportamentais e sociais, fisiologia e engenharia que possibilitam a compreensão de aspectos positivos do desempenho humano. Ou seja, o foco principal das pesquisas que contemplam o fator humano é aperfeiçoar o ajuste entre as pessoas e os sistemas em que trabalham, para melhorar a segurança e desempenho de forma a possibilitar a redução e o gerenciamento do erro em consequências de ações individuais ou de organizações.

O Guia de Fatores Humanos da Federal Aviation Administration- (FAA, 2008) destaca que o termo “erro humano” é de pouca ajuda para a prevenção de acidentes e incidentes. Apesar de o termo indicar ONDE o colapso do sistema ocorreu, ele não oferece respostas precisas sobre COMO ele ocorreu. Dessa maneira, o estudo sobre o Fator Humano para além da compreensão sobre o erro humano é um campo multidisciplinar que incorpora métodos e princípios comportamentais e sociais, fisiologia e engenharia tendo como parte central de qualquer sistema o estudo do ser humano (FAA, 2008).

Com o primeiro acidente nuclear de grande proporção e repercussão mundial, ocorrido na usina nuclear de Three Mile Island (TMI), em 1979 nos Estados Unidos, a United States Regulatory Commission - NUREG desenvolve um conjunto de requisitos e resoluções que passam a contemplar os fatores humanos na concepção, construção e operação de usinas nucleares (NUREG-0985, 1984). Durante a investigação acerca do acidente de TMI foi constatado não somente desvios operacionais como também falhas e erros por parte da gestão. Neste aspecto, o programa da NUREG-0985 (1984), identifica os estudos e ações acerca da qualificação, formação, gestão e organização, bem como, o sistema interface homem-máquina e a confiabilidade humana como salutar para garantir a integridade operacional das usinas nucleares.

A década de 80 com seus desastres catastróficos (Bophal, Chernobyl, Exxon Valdez, Challenger, Piper Alpha, entre outros) tornou-se marco divisor para a concepção e mudanças nos sistemas de segurança da indústria de processo e, colocou no centro do debate a dicotomia que envolve produtividade X segurança. O surgimento e a implantação das normas de segurança (ISO 9000; 14000; OHSAS 18000) e as mudanças nas cadeias produtivas foram efetivadas para regular a gestão da segurança nas indústrias de processo. Em relação aos acidentes industriais ocorridos na década de 80, Mitchell (1996), ressalta que, devido ao fato destes acidentes possuírem, em sua maioria, *causas raízes* conhecidas pelos especialistas em segurança, eles são considerados como “routine disasters” (desastres rotineiros). Para o autor, (1996) estes eventos dominaram o ranking de prejuízos mundiais (vidas humanas, impacto ambiental, impacto financeiro e de imagem) e muito dos esforços globais na esfera da gestão organizacional caminham na direção da redução destes acidentes através da redução dos riscos industriais.

Ainda discorrendo sobre os acidentes industriais, Mitchel (1996) enfatiza que os acidentes com alta probabilidade de ocorrência associados às consequências de baixo impacto (exemplo como acidentes de trânsito) são mais toleráveis pela sociedade do que os acidentes raros que trazem consequências catastróficas. Para o autor (1996), há uma forte aversão da sociedade aos eventos raros, porém, capaz de trazer consequências catastróficas (exemplo do acidente nuclear).

Com o despertar da discussão sobre o tema, várias instituições que cobrem o segmento elétrico, petróleo e gás, química e petroquímica, transporte aéreo e a geração de energia nuclear buscaram direcionar as ações com foco em Confiabilidade Humana, dentre estas podem ser citadas: IEEE, Chemical Safety and Hazard Investigation Board – CSB, Idaho Institute of Technology, American Institute of Chemical Engineers - AIChE, a Federal Aviation Administration – FAA e American Petroleum Institute- API.

Por reconhecer a importância dos estudos e ações para melhoria do desempenho humano nas indústrias químicas e petroquímicas, o American Petroleum Institute desenvolveu a Norma API 770 intitulada “Um Guia para Gestores reduzir os Erros Humanos melhorando o desempenho humano nas Indústrias de Processo”. A norma API 770 (2001) é um guia com aconselhamento específico destinado aos gerentes (do nível médio aos gestores de alto nível) com diferentes níveis de conhecimento sobre fatores humanos. O guia descreve as causas básicas de erros humanos e sugere formas para reduzir a probabilidade de sua ocorrência. A norma API 770 (2001) ainda descreve como incorporar a análise de confiabilidade humana (HRA) nas atividades de gestão de segurança de processos e identifica 03 classes de fatores, os performance-shaping factor (PSF) que afetam o desempenho humano: 1) PSFs internos; 2) PSFs externos; e 3) Geradores de Stress - Fadiga.

Os PSF internos ou fatores de desempenho internos correspondem a fatores como: o treinamento/habilidades/competências; o conhecimento da atividade/tarefa; a inteligência (específica para a tarefa – jogador x pintor); a motivação/ atitude no trabalho; o comportamento na organização, entre outros. Já os PSF, fatores de desempenho externos, estão relacionados a uma série de fatores e características situacionais de equipamento e de procedimentos. Destacam-se como PSF externos: a arquitetura, o ambiente de trabalho (temperatura, umidade, iluminação, ruído,

vibração, etc); as horas de trabalho/paradas no trabalho; a programação de turno; as ferramentas e a estrutura organizacional (autoridade, responsabilidade, canais de comunicação, etc.). Em relação à 3ª classe de PSF Geradores de Stress – Fadiga, a API 770 (2001) classifica-os em dois grupos: os estressores psicológicos e os estressores fisiológicos. Os Estressores Psicológicos referem-se a fatores como: a carga de trabalho (sobrecarga mental); a ameaça de falha, a perda de emprego; o trabalho monótono ou degradante, a velocidade alta de tarefa, a distração (ruído, luminosidade), etc. Já em relação aos estressores fisiológicos podem ser citados: a fadiga; a dor ou desconforto; o stress com longa duração; a exposição a produtos químicos ou a temperaturas extremas, a repetição de movimentos, a restrição à movimentação, dentre outros.

A partir das suas propostas, instituições como a API fortaleceram a importância dos estudos e pesquisa na área dos fatores humanos nos processos industriais, bem como a implantação de metodologias e técnicas de ACH - Análise de Confiabilidade Humana. Com o objetivo de melhor descrever o desempenho humano, os modelos de ACH foram desenvolvidos levando em consideração vários fatores e consequências das ações. De acordo com API (2001), a Human Reliability Analysis (HRA ou ACH) é um método usado para determinar a probabilidade de que as ações exigidas pelos sistemas humanos, tarefas ou trabalhos serão concluídas com sucesso dentro de um período de tempo necessário, bem como a probabilidade de que nenhuma ação humana possa ser prejudicial ao sistema ou processo. Classificadas como modelos de primeira, segunda e terceira geração, as técnicas para Análise de Confiabilidade Humana (ACH) foram desenvolvidas para melhorar o desempenho humano, levando em consideração vários fatores de desempenho e as consequências das ações. (Calixto et al, 2013; Hollnagel, 1998 apud Drogue e Menêzes, 2007).

Hollnagel (1998) apud Drogue e Menêzes (2007) relata que a maioria dos métodos de ACH considera os fatores de desempenho (PFS) através da especificação da probabilidade de erro humano (PEH) como uma função de possíveis valores assumidos por esses fatores. Porém, as relações de dependência existentes entre os PFS não são consideradas. Neste sentido, em algumas técnicas de ACH não são incluídas, por exemplo, a influência que uma carga de trabalho excessiva exerce no estresse de um indivíduo, assim como a influência que a organização exerce na sua

motivação. Ainda abordando o assunto, Hollnagel, (1998) apud Drogue e Menêzes (2007) enfatiza que os métodos de ACH tradicionais, classificados na literatura como modelos de primeira e segunda e terceira geração, realizam suposições de independência, devido à dificuldade encontrada em utilizar árvores de eventos e árvores de falhas para ACH.

Segundo Calixto et al (2013) os métodos da primeira geração de ACH (1970 - 1990) refletem sobre as probabilidades de erro humano operacional. Nas técnicas de primeira geração as ações humanas são representadas como uma probabilidade de sucesso ou falha sem considerar os aspectos cognitivos das ações realizadas pelo homem. Nestes modelos, as árvores de eventos e de falhas modelam parcialmente as relações de dependência intrínsecas às ações humanas.

Dentre os métodos da primeira geração de ACH destaca-se a THERP- Technique for Human Error Rate Prediction. A técnica THERP é utilizada para prever as taxas de erros humanos e avaliar a degradação que um sistema possa admitir em consequência de erros humanos isoladamente ou em associação com outros fatores como a confiabilidade dos equipamentos, procedimentos e práticas operacionais. Hollnagel (1998) apud Drogue e Menêzes (2007) reforça que a metodologia THERP é baseada em árvores de eventos, onde cada nó da árvore corresponde a uma ação em particular e as ramificações representam o erro ou sucesso do operador em executar a ação. Através do uso de banco de dados fornecido pela THERP é possível estimar as probabilidades de erro e sucesso de cada ação.

A segunda geração de ACH compreende o período de 1990 a 2005 (Calixto et al, 2013). Os métodos desta geração combinam a árvore dinâmica de eventos com o objetivo de modelar as causas para o sucesso ou erro do operador. As técnicas de segunda geração incorporam os estudos da psicologia cognitiva, ciências comportamentais, neurociências, fatores humanos, e outras áreas. Consideram a dependência entre os FDs (fatores de desempenho), como a carga de trabalho, stress, problemas sociológicos, problemas psicológicos, entre outros como influência no desempenho humano. Dentre os métodos desta geração destacam-se a Technique for Human Error Analysis (ATHEANA) e Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM).

A partir de 2005, surgem as técnicas de ACH de terceira geração representadas por métodos que se concentram na modelagem das causas que contribuem para o erro humano. Estas técnicas efetuam relações e dependências entre o fator humano, o desempenho e a probabilidade de erro humano. A terceira geração tem como principal representante a metodologia das redes bayesianas.

Ao analisar a confiabilidade humana em manutenção de linhas de transmissão, Droguett e Menêzes (2007) mostram a modelagem das ações humanas por redes bayesianas. No estudo, os autores (2007) consideram que as técnicas de terceira geração permitem uma representação mais realista da natureza dinâmica da interface homem-sistema, além de mostrar a relação de dependência entre os eventos e os fatores de desempenho humano. De acordo com Droguett e Menêzes, (2007) a utilização da metodologia para a ACH baseada em redes bayesianas pode contribuir para suprimir as deficiências encontradas nos métodos de ACH tradicionais. Os autores (2007) destacam que as redes bayesianas se constituem como uma ferramenta capaz de monitorar problemas gerenciais e operacionais, porém, ressaltam que apesar das vantagens a metodologia também possui limitações práticas, como a necessidade de elevado número de probabilidades condicionais e escassez de dados. Neste sentido, o próximo tópico abordará a classificação e análise dos erros humanos utilizando como referência o modelo proposto por Reason (1990) e Rasmussen (1982).

2.1 CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS ERROS HUMANOS

A classificação e análise dos fatores humanos na ocorrência de falhas em geral tomam como referência os estudos clássicos dos autores Rasmussen (1982) e Reason (1990). Ao elaborar a taxonomia dos erros humanos, Reason (1990) classifica-os em dois tipos: deslizes ou lapso, erros ou violação. Segundo o autor (1990) os erros podem ser intencionais e não intencionais. Os erros intencionais são os atos cometidos com planejamento prévio, pois, acredita-se que a ação que será executada está correta. Já os erros não intencionais são as ações cometidas ou não realizadas sem planejamento prévio. Quanto aos deslizes e lapso, são assim denominados:

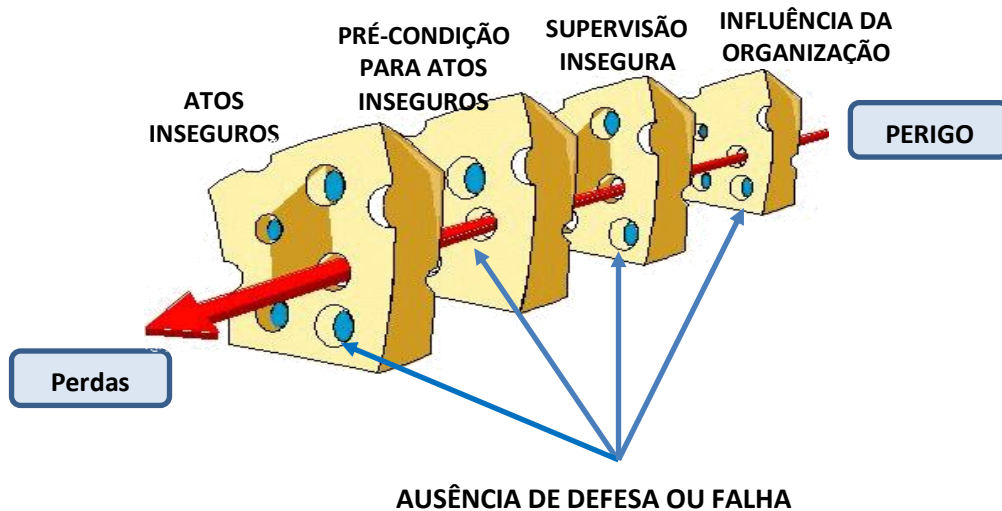
- Deslize – quando há um desacordo entre a intenção e a ação: a intenção é satisfatória, mas as ações não são desenvolvidas como planejadas. Ocorre em situação de rotina, pelo comportamento automático ou quando a atenção ou foco do executante da atividade é desviado.
- Lapso – quando há falhas de memória relacionadas com a intenção de ação sob a execução, ou seja, a informação necessária para realização da ação não pode ser recuperada da memória. Algum passo ou etapa da atividade ou tarefa é esquecido.

2.1.1 O modelo “Queijo Suíço” proposto por Reason

Através do modelo denominado *Swiss Cheese* - queijo suíço - Reason (1990), busca descrever a gênese dos erros humanos. No modelo é detalhado os quatro níveis de erros e a influência de cada um deles nos acidentes. Os níveis de falhas são: 1) atos inseguros; 2) condições para atos inseguros; 3) supervisão insegura e 4) influências organizacionais.

No modelo proposto por Reason (1990), um sistema com forte potencial para o sucesso é composto por camadas de defesa (fatias do queijo suíço) com furos (possíveis erros) posicionados em lugares diferentes. As camadas devem estar dispostas de modo a capturar os erros que impactam no resultado. Neste aspecto, para que o erro ocorra é preciso que os furos de cada etapa do processo estejam alinhados sem as camadas de defesa. Ou seja, a ocorrência de um erro depende de vários eventos de natureza múltipla: humana, gerencial, organizacional, defesas de software, cujos buracos se alinham. A Figura 1 mostra o modelo *Swiss Cheese* proposto por Reason (1990).

Figura 1 - O modelo “Swiss Cheese”



Fonte: Adaptado de Reason (1990).

Reason (1997) destaca que os sistemas de alta tecnologia têm muitas camadas de defesa: alguns são projetados (alarmes, barreiras físicas, desligamentos automáticos, etc), outros contam com pessoas (cirurgiões, anestesistas, pilotos, operadores da sala de controle, etc), e outros ainda dependem de procedimentos e controles administrativos. Neste sentido, as defesas, barreiras e salvaguardas possuem papel fundamental na abordagem dos sistemas, já que têm como função proteger as vítimas potenciais, seja estas as pessoas ou as organizações sujeitas aos riscos. Vale ressaltar que, no trabalho original Reason (1990) envolveu os operadores de planta nuclear, no entanto, diversos estudos na indústria de aviação, química, petroquímica, entre outras, o utiliza como referência para analisar os erros dos operadores, supervisão, inspeção e manutenção.

O modelo proposto por Reason (1990), além de pensar de forma sistêmica as ações em busca de reduções dos erros humanos, coloca em foco a associação do erro desde o projeto, a construção, a elaboração dos procedimentos de operação e manutenção e, por fim, faz a associação com aqueles que operam os sistemas ou aos que executam as atividades. Ao abordar o erro humano Reason (1990) demonstra que a ocorrência do erro, geralmente associado somente aos que

operam os sistemas ou aos que executam as atividades, ocorre devido às condições inseguras pré-existentes, consideradas condições latentes.

2.1.2 A Classificação dos erros e violações segundo Rasmussen

Ao categorizar os erros e violações, Rasmussen (1982), associa-os a níveis diferentes de desempenho cognitivo e divide os sistemas de análise em três grupos: Skill-based (baseado na habilidade); rule-based (baseado em regras) e knowledge-based (baseado no conhecimento).

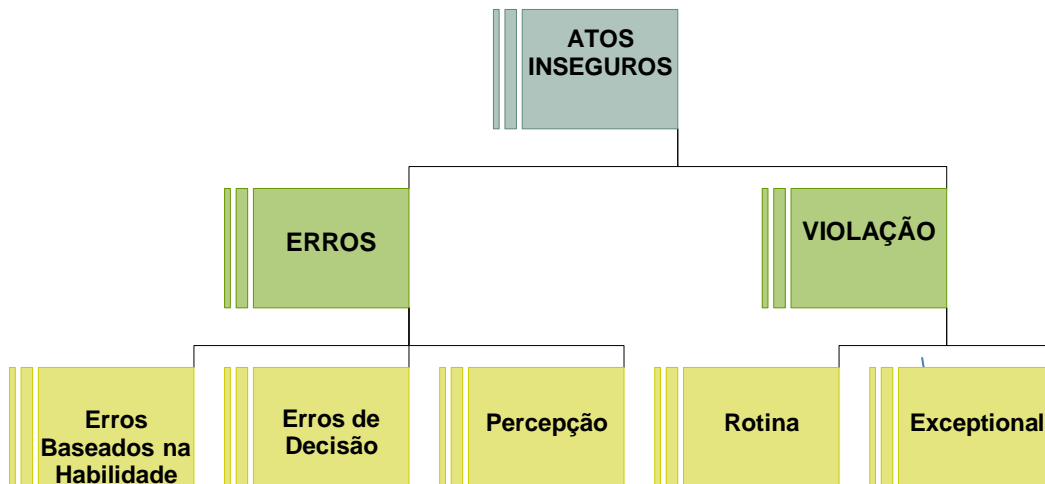
Os três níveis de desempenho, proposto por Rasmussen (1982) estão assim descritos:

1. Erros baseados na habilidade (skill-based) - são definidos como os erros não intencionais que ocorrem na condução das atividades rotineiras. Este tipo de erro ocorre através de uma interrupção da execução de uma sequencia de ações, quando há mudanças no nível de atenção em situações bem conhecidas aprendidas na rotina normal.

2. Erros baseados em regras (rule-based) - são os erros que ocorrem quando se requer a aplicação de regras rotineiras memorizadas ou escritas de modo consciente, com o propósito de verificar se a solução é ou não adequada. Neste nível, a pessoa é confrontada com uma situação em que a atenção deve ser focada em tomar uma decisão ou a criação de uma solução tendo como referência “regras” conhecidas ou procedimentos, porém são ativadas incorretamente.

3. Erros baseados no conhecimento – são os tipos de erros que ocorrem quando se necessita de resolução de problemas, em situações desconhecidas quando não há a aplicação de regras e nem de rotina. Geralmente há a necessidade de enfrentar a situação e tentar encontrar uma solução exclusivamente com base no conhecimento que se tem a respeito do problema. Vale ressaltar que, quando esta situação surge no contexto de sistema complexo, a capacidade de análise e resposta pode ser comprometida com grande possibilidade de ocorrência de erros. A Figura 2 a seguir mostra a classificação proposta por Rasmussen (1982):

Figura 2 - Classificação dos Erros proposta por Rasmussen



Fonte: Adaptado pela autora de HFCAS - FAA (2002).

Ao estudar as probabilidades de erros humanos, Swain e Guttman (1983) classificam os erros humanos em duas categorias: erro de omissão ou erro de comissão. Os erros de omissão: caracterizado pela falta de ação, ou quando se omite a realização da tarefa inteira ou um passo da tarefa. Já os erros de comissão são caracterizados pelo desempenho incorreto de uma tarefa ou de uma ação. Estão relacionados com erro de seleção, má disposição de controles, comandos ou informação errada (via de voz ou escrita), erros de sequencia de realização de tarefas e erros no tempo da realização da ação.

French et al (2010) destacam que as falhas são consequências inevitáveis da crescente complexidade dos sistemas. Mesmo em sistemas com alto nível de automação, na maioria dos casos, o elemento humano está envolvido. Além das indústrias altamente tecnológicas, os sistemas em sua grande maioria utilizam tecnologia complexas que necessitam de respostas e interações humanas confiáveis. Ao realizar análise crítica dos estudos de confiabilidade humana para gestores, French et al (2010) ressaltam a necessidade de implantação de ferramentas capaz de uma compreensão sistêmica e qualitativa que contemplem as interconexões entre a cultura organizacional e o comportamento humano. Acrescentam ainda que as análises de confiabilidade humana tem sido tratada como algo que se relaciona com pessoas, porém precisa ser vista e gerenciada a nível organizacional.

Neste aspecto, vale trazer a noção de acidente sistêmico proposta por Perrow (1999). Segundo o autor o acidente sistêmico está presente em sistemas sociotécnicos, cuja origem é a interdependência e a interação entre subsistemas de um sistema produtivo complexo. Ao enfatizar a noção de acidente sistêmico, Perrow (1999) reforça que dificilmente identifica-se apenas uma causa-raiz, cuja erradicação elimina completamente a chance de acidente e complementa que o risco surge como propriedade emergente em sistemas produtivos complexos baseados na interação homem-máquina.

De acordo com Reason (1997) as instituições pioneiras que buscaram direcionar as ações com foco em Confiabilidade Humana foram a Indústria de Energia Nuclear, com o objetivo de avaliar o risco da planta e a Federal Aviation Administration, preocupada com risco de acidentes aéreos. Porém, de acordo com ICAO (2002), o fortalecimento dos estudos e pesquisa na área dos fatores humanos a partir da fundação de várias organizações, destaca-se: a Sociedade de Pesquisa de Ergonomia em 1949, a Sociedade de Fatores Humanos em 1957 e a Associação Internacional de Ergonomia (IEA) em 1959.

Ao avaliar os programas de intervenção de segurança, a Federal Administration Agency - FAA (2008) enfatiza que o erro humano tem sido responsabilizado por 70 a 80% de todos os acidentes de aviação civil e militar, porém, a maioria dos sistemas de informação de acidentes não é projetada em torno de um quadro teórico que considere o erro humano. Como resultado, as bases de dados de acidentes não são condizentes e não contemplam uma análise detalhada sobre o erro humano. Neste aspecto, com a finalidade de examinar sistematicamente os fatores humanos causais e melhorar as investigações em acidentes de aviação o FAA (2000) desenvolveu o HFACS (Human Factors Analysis and Classification System) como sistema de análise e classificação de fatores humanos.

Para gerenciar a prevenção e os resultados do erro humano, o Guia da International Civil Aviation Organization- ICAO (2002) aponta para o fato de que as consequências do erro são tão importantes quanto as suas causas. Historicamente, as abordagens e pesquisas que envolvem o fator humano, se consolidaram a partir de estudos efetuados na indústria aeroespacial e de energia nuclear.

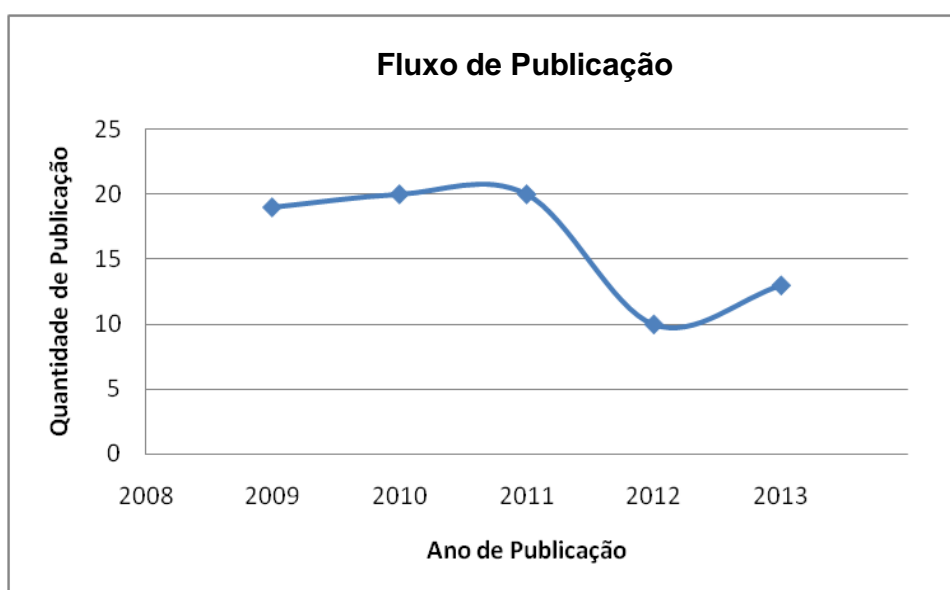
Carvalho et al (2007) ao descrever a importância dos estudos de fatores humanos para modernização e redesenho de plantas nucleares, usando a abordagem de análise cognitiva, identificaram várias oportunidades de melhorias desde mudanças no layout gráfico, melhoras na integração dos processos e nos sistemas de alarme. Os autores destacam que o uso da abordagem de fatores humanos/ ergonomia no projeto de sistemas de controle ainda não tem a merecida atenção. E ressaltam que para, além disso, a abordagem de fatores humanos em toda a indústria de uma forma em geral apresenta muitas oportunidades para melhorias no que diz respeito à eficácia do sistema, a eficiência, a confiabilidade e, sobretudo a segurança.

Desta forma, as pesquisas sobre confiabilidade humana nas atividades produtivas é fator contribuinte para redução de custos, aumento de produtividade e, sobretudo, para melhoria do desempenho humano. Assim, o capítulo a seguir aborda a produção nacional dos estudos de confiabilidade humana nos processos produtivos.

3 CONFIABILIDADE HUMANA NOS PROCESSOS PRODUTIVOS

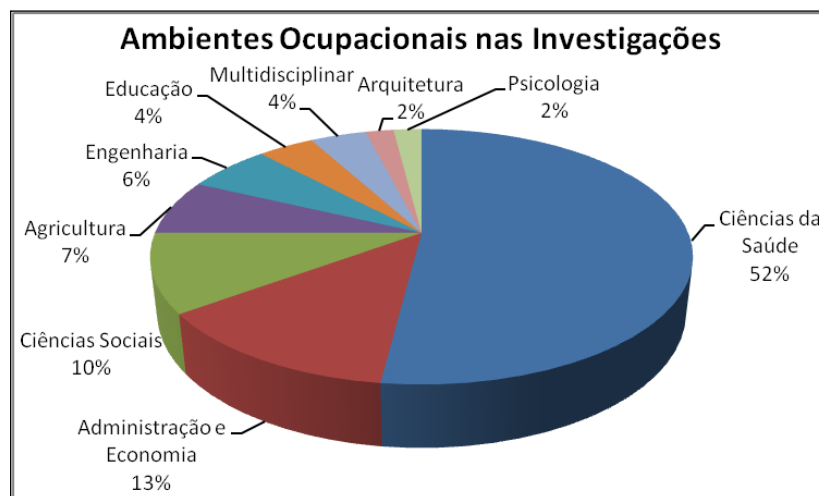
Ao efetuar o levantamento dos estudos realizados sobre fatores humanos nos processos produtivos dentro do cenário nacional, no recorte temporal dos últimos cinco anos (2009 -2013) na base de dados Scielo, utilizando as palavras-chaves: confiabilidade humana, erro humano, falha humana, fator humano e fator humano na indústria foram encontrados os seguintes resultados. No ano de 2009 teve 19 artigos publicados. Os anos de 2010 e 2011 foram os com maior fluxo de publicações, cada um com 20 artigos. O ano de 2012 apresentou o menor índice de publicações, apenas 12 e já no ano de 2013 há um pequeno aumento com 13 artigos publicados. A Figura 3 mostra o fluxo de publicação contemplando todos os artigos por palavras chaves considerando o recorte temporal.

Figura 3 - Fluxo de Publicação



Fonte: Portal Scielo. Adaptado pela autora (2013).

A revisão do estudo possibilitou identificar que as investigações ocorreram em diferentes ambientes ocupacionais, com grande predomínio na área de ciências da saúde. A Figura 4 a seguir, apresenta em termos percentuais, os artigos publicados considerando o recorte temporal e o ambiente ocupacional.

Figura 4 - Ambientes ocupacionais nas investigações

Fonte: Portal Scielo. Adaptado pela autora (2013).

Como mostra a Figura 4 os dados evidenciam que a ciência da saúde com 52% foi o ambiente ocupacional onde a maioria dos estudos foi desenvolvido. Ressalta-se que estes estudos contemplam os trabalhos da área de: saúde pública, ambiental e ocupacional, cirurgia, medicina tropical, ortopedia / reabilitação, pediatria, enfermagem, entre outras. Na sequência, com o percentual de 13% do total de publicações aparecem os estudos na área da administração e economia seguida pelos trabalhos das ciências sociais com percentual de 10%. Vale destacar que as publicações referentes à área da Engenharia, que envolvem os processos produtivos, representam apenas 6% das publicações nos últimos cinco anos.

3.1 OS ARTIGOS FOCADOS EXCLUSIVAMENTE NO SETOR INDUSTRIAL

Em continuidade ao estudo foram detalhados os artigos publicados, cuja temática abordasse as pesquisas efetuadas exclusivamente no setor industrial. A Tabela 1 a seguir mostra os artigos relacionados ao tema.

Tabela 1 – Artigos relacionados ao Setor Industrial

Publicações no Setor Industrial		
Título	Análise qualitativa de aspectos influentes em situações de risco observadas no gerador de vapor de uma planta petroquímica.	Influências das políticas e práticas de gestão de pessoas na institucionalização da cultura de segurança.
Ano	2010	2013
Objetivo	Apresentar os fatores que tiveram influência em situações de emergência em um gerador de vapor de uma planta petroquímica.	Descrever e analisar as influências das políticas e práticas de gestão de pessoas para a cultura de segurança numa indústria de grande porte.
Procedimentos Metodológicos	Estudo de caso com procedimento qualitativo. Abordando os quatro tópicos: confiabilidade humana, alarmes, registros de ocorrências e capacitação.	Estudo de caso qualitativo, com coleta de dados via triangulação e análise temática de conteúdo.
Principais Resultados	O estudo sinalizou a necessidade de atuação principalmente em confiabilidade humana, com ênfase em: racionalização e automação, reprojeto de alarmes, reprojeto do sistema de informações e laboratório de simulação operacional.	O estudo enfatiza o reconhecimento do papel da área de gestão de pessoas no processo de institucionalização da cultura de segurança.
Publicação	Revista Produção	Revista Produção

Fonte: Adaptado pela autora de Portal Scielo.

Apesar das implicações práticas e suas consequências, inclusive a possibilidade de ocorrência de acidentes de grandes impactos, observa-se no quadro acima que há poucos estudos sobre a temática fator humano/ confiabilidade humana focados no setor industrial. Porém, apesar da escassez de publicações, a atualidade do tema, bem como a sua relevância, pode ser comprovada com as publicações em outras áreas de conhecimento como: ciências da saúde, administração e economia e as ciências sociais.

Ao analisar o resultado dos estudos efetuado a nível nacional a respeito do tema se identifica que as publicações referentes ao ambiente industrial se debruçam sobre as práticas de gestão de pessoas focando na cultura de segurança, possibilitando visibilizar as lacunas existentes quanto à ausência de pesquisas no campo industrial que contemple o fator humano, principalmente na área operacional (operação e

manutenção industrial). Do total de publicações somente 02 artigos se debruçaram sobre práticas, metodologias e ações com a finalidade de melhoria do desempenho humano no ambiente industrial, o que representa apenas 2,4% do total de publicações no período. O resultado demonstra a necessidade de estudos científicos sobre o tema correlacionado com o ambiente ocupacional industrial em seus mais diversos setores: siderurgia, mineração, alimentícia, química, petroquímica, têxtil, entre outros.

Ainda refletindo sobre a importância do tema vale trazer as considerações de efetuadas por Michel Llory. Durante entrevista concedida a Vilela et al (2013), Llory destaca os métodos de investigação e as relações entre o gerenciamento das empresas e o risco de incidentes e acidentes e, aponta a importância de uma abordagem dos acidentes que prime pelo engajamento e, sobretudo, capaz de resgatar historicamente a evolução das condições internas das empresas e seu contexto. Na entrevista, o autor ainda aponta que é preciso promover e desenvolver a ideia de que os riscos não estão ligados essencialmente aos operadores que estão na empresa, e sim as tomadas decisões em níveis hierárquicos muito altos.

Com a consolidação dos estudos sobre confiabilidade humana na indústria aeroespacial e de energia nuclear as pesquisas se desdobraram para vários segmentos industriais e, conseqüentemente para a indústria de processos químicos e petroquímicos. Assim, no tópico a seguir é discutida a importância do estudo de confiabilidade humana para o setor de manutenção industrial.

3.2 CONFIABILIDADE HUMANA E SUA IMPORTÂNCIA NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 5462, define a manutenção como: *“a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”* (NBR 5462, 1994). De acordo com a norma, a definição da manutenção está relacionada com as atividades que devem ser executadas nos equipamentos, para que esses realizem suas funções no período de tempo determinado,

funcionando sem que haja imprevistos relacionados à ocorrência de quebra ou mau funcionamento dos equipamentos utilizados.

A manutenção industrial aparece em todas as cadeias produtivas e segmento da economia. Nas últimas décadas deixou de ser uma simples atividade de reparo para se tornar um meio essencial ao alcance dos objetivos e metas da organização. De acordo com Kardec e Nascif (2005), atualmente a manutenção desempenha papel estratégico nas organizações, ou seja, não basta apenas, reparar ou instalar o equipamento tão rápido quanto possível, é preciso, principalmente, manter a função disponível do equipamento para a produção. Dito de outra forma é preciso que a manutenção esteja voltada para os resultados e metas da Empresa. Segundo os autores (2005), o conceito moderno de manutenção, consiste na sistemática que visa garantir o aumento de confiabilidade, melhoria de atendimento, melhoria da segurança operacional e pessoal, preservação do meio ambiente e redução dos custos.

Para Nassar e Dias (2009), a manutenção atualmente tem um grau de importância diferenciado, vez que, os fatores fundamentais das atividades industriais relacionados com produção, qualidade e custos, dependem diretamente das condições de manutenção. Segundo Zaians (2003), na área de manutenção, como em outras atividades do setor produtivo, a necessidade pelo aprimoramento contínuo da qualidade dos produtos e serviços frente à crescente onda de globalização fez com que a atividade de manutenção passasse a ser abordada com estratégia. Entretanto, vale ressaltar que embora a busca incessante de melhoria nos processos produtivos, com ênfase nos aspectos técnicos, tem contribuído para o desenvolvimento de sistemas com níveis consideráveis de segurança e confiabilidade este investimento não tem contemplado um dos elementos essenciais, capaz de comprometer e colocar em riscos todo o sistema: o fator humano. Do ponto de vista de gestão de recursos, o desafio para os gestores de manutenção consiste na composição de equipes com conhecimento técnico suficiente para lidar com equipamentos cada vez mais sofisticados, no sentido de manter a confiabilidade dos sistemas para que possam evitar a incidência de riscos de incidentes e possíveis acidentes, Neste aspecto, manter a confiabilidade e operacionalidade dos sistemas produtivos, passa pelo entendimento dos estudos sobre as falhas humanas.

Os primeiros estudos que abordaram a complexidade das relações entre o humano e suas interações com as máquinas ocorreram com o desdobramento das inovações tecnológicas em decorrência da Segunda Guerra Mundial. Segundo Villemeur (1992) é no final da década de 50 que surgem os centros de pesquisa pioneiros nos estudos de fatores humanos. Estas primeiras pesquisas demonstraram o impacto dos fatores humanos nas falhas dos sistemas que representam cerca de 20% a 50% de perdas nos processos industriais ou mau funcionamento são resultados de erros humanos. A partir daí o estudo das ciências humanas (Human Engineering) e sua aplicabilidade passou a trabalhar conjuntamente com novas tecnologias (Human Factors Engineering).

Pesquisas demonstram (Borges, 1991; Lessa, 2004; Reason, 2003) que a falha humana é um dos principais problemas nas atividades de operação e manutenção. Contudo, este dilema pode ser resolvido a partir de uma série de medidas combinadas, tendo como foco principal a organização do trabalho. Especificamente na indústria de petróleo, o American Petroleum Institute através da norma API 770 (2001) elabora ações para a redução de erros humanos. A norma apresenta técnicas que permitem identificar e eliminar erros humanos o que, conseqüentemente, resulta em melhoria do desempenho humano. A norma API 770 (2001) identifica 64 fatores de desempenho humano e traz duas linhas de suporte com a finalidade de gerar um levantamento da situação quanto às facilidades e apoio à melhoria do desempenho humano. A primeira é uma lista de situações propensas a erro e a segunda é um conjunto de questionários para avaliar a percepção do executante e a dos líderes quanto ao assunto.

Ao elaborar estudo sobre os principais erros humanos na manutenção Pallerosi et al (2011) ressaltam que as máquinas são produtos da inventividade dos homens, com suas possíveis falhas de concepção, operação, produção e manutenção e adverte ainda, que dentre as possíveis falhas humanas, tem-se: projeto ineficiente, ambiente extremo ou agressivo; disposição inadequada dos componentes e sistemas (layout); ferramentas inadequadas ou inexistentes; treinamento e formação inadequados ou inexistentes bem como, manuais de instrução (montagem, operação, manutenção) inadequados.

Segundo Pallerosi et al (2011) as principais falhas induzidas pelas ações humanas durante a vida de um equipamento são: concepção ou projeto; instalação e montagem, funcionamento ou operação e manutenção ou conservação. Portanto, é fato que os erros aumentam com a frequência dos reparos de manutenção. Para os autores, as quantidades de erros são dependentes principalmente da complexidade dos equipamentos, dos recursos disponíveis, das técnicas de manutenção e do pessoal que executa as ações (treinamento, ambiente, estresse). E reforçam que a maioria dos erros humanos no setor de manutenção corresponde aos diagnósticos elaborados erroneamente.

Ainda abordando o assunto Pallerosi et al (2011) destacam que as falhas humanas decorrentes das ações dos técnicos de manutenção podem ser reduzidas observando-se os aspectos como os de maior experiência profissional e aptidão nas atividades exigidas. Os autores identificam que um dos principais mecanismos para reduzir as falhas devido às ações humanas dos técnicos de manutenção consiste no gerenciamento e treinamento das equipes de manutenção e pessoal auxiliar (suprimentos, etc), mantendo-as motivadas e atualizadas em novos procedimentos que resultem em intervenções mais eficazes.

E neste aspecto, vale trazer as considerações do estudo efetuado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2007). De acordo com o relatório da CNI um dos principais fatores que afeta a busca pela eficiência na indústria de refino de petróleo é a falta de mão de obra qualificada. O estudo revela que mais de 80% das empresas deste setor investem em programas de capacitação. Portanto, o investimento na capacitação dos profissionais se traduz em garantia de retorno para as empresas, uma vez que a mão de obra capacitada contribui sobremaneira para a qualidade do serviço e melhoria da produtividade industrial.

Kardec e Nascif (2005) apontam que a atividade de manutenção industrial tem passado por mudanças significativas e estas alterações têm demandado por nova postura do profissional de manutenção, exigindo novas atitudes e habilidades que vai dos gestores até os executantes de manutenção. Neste cenário, as atividades de manutenção industrial exigem também a capacitação e qualificação da sua mão de obra.

A capacidade de resolução de problemas nas atividades de monitoramento, manutenção, operação e tomada de decisão em tarefas críticas é atribuída não somente à qualificação formal, mas, sobretudo, a experiência (*expertise*) e capacitação do executante da atividade ou tarefa. Vale lembrar que, no âmbito da manutenção industrial, considera-se como tarefas críticas àquelas atividades que se não executadas corretamente podem colocar em riscos não somente o processo operacional, mas também ser capaz de provocar incidentes ou acidentes. Geralmente estes tipos de tarefas são executados por profissionais com nível considerável de conhecimento e competência.

A execução das atividades de manutenção de forma programada e eficaz ajuda no aumento da cadeia produtiva. As técnicas de manutenção preventiva de condição (análise de vibração, termografia, acústica, monitoramento remoto, etc), ou a manutenção preventiva sistemática garantem a confiabilidade na operação bem como, paradas e perdas de produção desnecessárias. Assim, as atividades de manutenção está, via de regra, relacionada a prevenção ou resolução de problema quer seja, nas intervenções de prevenção (manutenção preventiva) ou nas de correção (manutenção corretiva).

Para tanto, acompanhar o controle, a programação e o planejamento das atividades e a execução de forma sistematizada necessita de procedimento com foco nos usuários: os executantes das atividades de manutenção. Deve-se ressaltar que, ao analisar a execução das atividades de manutenção é necessário considerar a sistematização das ações realizadas pelos executantes bem como, ainda inclusos os objetivos a serem alcançados, os recursos disponíveis e a condição em que a tarefa deverá ser executada.

Assim, com a finalidade de atender aos critérios de segurança tanto para os executantes como para a operação dos equipamentos, as indústrias possuem padrões e procedimentos que regulamentam as atividades de operação e manutenção. Os procedimentos descrevem passo a passo as operações necessárias para execução de uma determinada tarefa. Estes procedimentos contem informações relevantes como: cumprimento das tarefas, nome do executante, nome do supervisor, histórico do serviço executado, análise dos resultados, recomendações de melhoria, etc. De acordo com Colenghi (2007), o

procedimento é de fundamental importância dentro de qualquer processo funcional, já que tem como objetivo básico garantir, mediante uma padronização, os resultados esperados por cada tarefa executada. Geralmente estes procedimentos atendem a requisitos do sistema de garantia de qualidade da empresa.

Nos sistemas complexos e especificamente na execução de tarefas críticas os procedimentos de manutenção devem abordar diversos fatores e, dentre eles pode-se citar: quais os requisitos de conhecimento e habilidades presentes nos procedimentos são necessários para que o executor possa realizar a tarefa? Quais as informações que o executor necessita ao buscar a ajuda dos textos técnicos? E como aperfeiçoar e garantir a redução de falhas e melhoria do desempenho humano a partir da prescrição dos procedimentos?

No entanto, na literatura técnica pode-se constatar ainda a divisão clara entre os que produzem os textos e os que os utilizam como suporte. Ou seja, existe o grupo dos projetistas / fabricantes de máquinas e equipamentos atentos às especificações técnicas e ao melhor desempenho das máquinas, e do outro lado, os técnicos e mecânicos de manutenção responsáveis por manter ou reparar os equipamentos visando garantir melhor e maior disponibilidade possível das máquinas. Esta relação entre quem fabrica e quem mantém tem como elo os procedimentos, que em determinados momentos por ser extremamente precisos pouco auxiliam o executante da tarefa de manutenção.

Ao descrever a importância dos estudos de fatores humanos para modernização e redesenho de uma planta nuclear, Carvalho et al (2007) destacam que o design dos procedimentos deve ser tecnicamente correto de acordo com a compreensão do processo e do cenário de eventos assim como, as tarefas devem serem configuradas de acordo com a dinâmica dos processos físicos e da capacidade cognitiva dos operadores. Os autores ainda ressaltam que os formatos dos procedimentos devem ser concebidos para fácil compreensão pelos operadores e devem ser executados sem erros.

De acordo com Souza e Figueirôa (2011) ao analisar os textos técnicos, nos quais se inserem os manuais e procedimentos, verifica-se ainda a permanência de uma linguagem rebuscada que separa os que escrevem e elaboram dos que os utilizam

como suporte para realização de uma tarefa ou atividade. Desta forma, os procedimentos e padrões mal elaborados são apontados pelos estudos como um dos fatores que incluem restrições e podem comprometer o processo de execução da atividade de manutenção.

Em relação às situações que aumentam a probabilidade de erro nas atividades de manutenção de equipamentos na indústria química e petroquímica, a API 770 (2001) lista como principais situações: conhecimento insuficiente, sinalização inadequada, *layout* deficiente, tarefas mentais em excesso, ferramental inadequado e deficiência nos procedimentos. De acordo com a API 770 (2001) a deficiência nos procedimentos pode fornecer margem para o executante efetuar a atividade de maneira não correta, o que em tarefas com determinado nível de complexidade aumenta significativamente a probabilidade de erros resultando em incidentes ou acidentes. Visando evitar tal situação, a API 770 sugere que os procedimentos devem ser escritos com a participação de pessoas que vivenciam e possuam conhecimento sobre a atividade a ser realizada.

No estudo sobre procedimentos escritos para execução de tarefas em sistemas complexos (alto risco), Embrey (2000) constatou que há evidências que demonstram uma grande disparidade entre os procedimentos formais escritos em uma organização e as formas em que o trabalho é realmente executado. Segundo o autor, um dos aspectos mais relevantes para a não utilização dos procedimentos escritos é a dificuldade dos métodos empregados na elaboração dos procedimentos têm para traduzir e decodificar a realidade da tarefa. Ressalte-se que tal dificuldade é responsável pela rejeição à utilização dos procedimentos rotineiros. Neste sentido, com a finalidade de melhorar o desempenho humano nas atividades complexas, Embrey (2000), através do seu método CARMAN (Consensus based Approach to Risk Management), propõe a formulação de procedimentos e suporte baseados em três critérios: familiaridade com a tarefa, complexidade da tarefa e criticidade da tarefa. Segundo o autor, para selecionar o nível do material escrito e ajudar o executante no cumprimento da atividade, o modelo CARMAN utiliza como referência diversos tipos de procedimentos de melhoria cujo foco principal é a melhoria da usabilidade através de padrões de ergonomia aplicados aos aspectos de legibilidade, apresentação e formatação. Portanto, para o desenvolvimento da

abordagem CARMAN são utilizados conhecimentos combinados de tarefa e análise de risco, processo de grupo e trabalho em aprendizagem organizacional.

A matriz a seguir, modelo CARMAN proposto por Embrey (2000), detalha a interconexão dos critérios e o associa com o tipo de suporte necessário ao usuário executante de atividades de manutenção. A Figura 5 ilustra o modelo CARMAN.

Figura 5 – Modelo CARMAN

Criticidade da Tarefa	ALTA			MÉDIA			BAIXA		
	Freq	Infreq	Rara	Freq	Infreq	Rara	Freq	Infreq	Rara
Familiaridade da Tarefa									
Complexidade da Tarefa									
Baixa	SI	SI	AT	SI	SI	AT	SI	SI	SI
Média	SI	AT	NIP	SI	SI	AT	SI	SI	SI
Alta	AT	AT	NIP	SI	AT	NIP	SI	SI	AT
Legenda:	(SI) - Sem Necessidade de Instrução Escrita								
	(AT) - Necessidade de Auxílio a Tarefa, Check List ou Auxílios a Memória								
	(NIP) - Necessária Instrução Passo a Passo								

Fonte: Figueirôa e Souza (2011). Adaptado de Embrey (2000).

No método CARMAN proposto por Embrey (2000) as práticas de trabalho efetivamente utilizadas pelos operadores técnicos são examinadas através de um processo participativo, considerando as variações que existem. Em seguida tenta-se avaliar as práticas do ponto de vista do controle dos riscos. Após seleção das melhores práticas ocorre à validação dos procedimentos, de acordo com as preferências e percepções das pessoas que realmente executam as tarefas, busca-se assegurar que os riscos estão adequadamente controlados.

Ao avaliar o processo de reparo de bombas centrífugas em uma indústria de refino de petróleo, a luz da confiabilidade humana, Pimentel e Figueirôa (2009), constataram que aspectos como: ferramentas, conhecimento e a experiência dos executantes que participaram da elaboração do procedimento foram capazes de garantir a melhoria da qualidade dos serviços. Na metodologia para elaboração do procedimento balizado pela norma API 770, além do método CARMAN, foram

utilizados o diálogo técnico, entrevistas; a análise das tarefas e o uso da linguagem visual como recurso de auxílio à memória ou auxílio à decisão.

Tendo como foco descrever passo a passo das tarefas executadas para montagem e instalação de bombas BPO, principalmente as consideradas de maior criticidade, vez que se não executadas corretamente podem colocar em riscos o processo operacional, bem como, provocar incidentes ou acidentes, o desenvolvimento do procedimento como suporte para as atividades de manutenção conectou diversos domínios (teoria, prática, *expertise*, conhecimento tácito) e conferiu coerência na execução da tarefa atribuindo um caráter dinâmico de informações. Vale destacar que, os executantes experientes das atividades de manutenção participaram de todas as etapas de elaboração e validação do procedimento.

Pimentel e Figueirôa (2009) demonstraram que o resultado contribuiu de forma direta e/ou indireta para os seguintes resultados: tempo médio para reparo (TMPR); aumento da disponibilidade dos equipamentos; diminuição das perdas de processamento e custo de intervenção e, sobretudo para a redução de falhas e melhoria do desempenho humano.

Na abordagem sobre as técnicas cognitivas de análise de tarefas, utilizadas para elaboração de padrões e procedimentos, Embrey (2000) destaca que estas técnicas são direcionadas para processos mentais que envolvem ações humanas inseguras. Neste sentido, a utilização das técnicas cognitivas é fundamental para analisar as tarefas com alto nível mental como: diagnóstico, tomadas de decisões, resoluções de problemas e atenção e, contribuem para desenhos de procedimentos capazes de traduzir e decodificar a realidade da tarefa.

Ao realizar estudo sobre consciência situacional e tomada de decisão Endsley (1999) *apud* Henriqson et al (2009), ressaltam que as respostas relativas à tomada de decisão nos eventos críticos são também relacionadas com padrões de regras tácitas oriundas de conhecimento e experiência dos operadores. Para Henriqson et al (2009), cada ato de processamento de informação é mediado pelo sistema de categorias e conceitos, os quais constituem uma representação de mundo. Neste sentido, nas atividades que necessitam da realização de tarefas múltiplas, os aspectos como atenção e percepção dos executantes de manutenção e operação são impactados, aumentando a possibilidade de falhas humanas (Hollnagel, 2005;

Parasuraman, 2000; Ratwani, 2010; Reason, 2003). Portanto, deve-se ressaltar a importância dos aspectos como atenção e percepção nas ações individuais, assim como a influência destas na perspectiva de redução das falhas humanas.

A complexidade do assunto envolve e necessita de ações conjuntas que devem profundamente interligar entre si a gestão, a administração, a engenharia, a ergonomia, equipamentos, a psicologia cognitiva, o ambiente, o contexto e o indivíduo. Neste sentido, no tópico seguinte, iremos discorrer sobre o fenômeno da atenção em ambientes complexos.

3.3 O FÊNOMENO DA ATENÇÃO NOS SISTEMAS COMPLEXOS

Os sistemas produtivos modernos visando gerenciar alarmes e intertravar as operações de riscos vem cada vez mais adotando sistemas de proteção e automação nos seus processos. Estas mudanças demandam novos conhecimentos, habilidades e competências dos profissionais da operação e manutenção e, neste aspecto, os processos produtivos cada vez mais complexos tem se tornado incompatível com a capacidade e limitação dos operadores (Villemeur, 1992). Assim, o estudo sobre o fenômeno da atenção em tarefas críticas dos sistemas produtivos, foco deste estudo, é fundamental para a garantia de redução de falhas humanas.

Ao abordar o fenômeno da atenção em tarefas complexas Sternberg (2010) ressalta que à medida que essas tarefas tornam-se mais automatizadas, o desempenho em cada uma delas exige menos dos recursos limitados da atenção. Para o autor a atenção pode ser conceituada como o meio pelo qual se processa ativamente uma quantidade limitada de informação a partir da enorme quantidade de informação disponível por meio dos sentidos, da memória e de outros processos cognitivos. Segundo o autor, os fenômenos psicológicos da atenção possibilitam o uso de recursos mentais limitados de maneira sensata e complementa que ao diminuir a atenção sobre muitos estímulos externos (sensações) e internos (pensamentos e lembranças), é possível focar nos estímulos que mais interessam.

Brandão (2009) considera como atenção o nome dado ao caráter direcional e à seletividade dos processos mentais organizados. De acordo com o autor a palavra atenção freqüentemente é empregada no sentido de se concentrar ou focalizar em alguma atividade, tarefa ou situação:

Observa-se que prestar atenção a um determinado estímulo ocorre paralelamente à distração ou desatenção aos demais estímulos do meio, ou seja, para estar atento a um determinado aspecto do ambiente o indivíduo necessita dar pouca ou nenhuma importância aos demais estímulos presentes em seu meio (BRANDÃO, 2009, p.167).

Neste sentido para o autor, a atenção é um processo complexo, com vários componentes como o alerta, a concentração, a seleção, a investigação e a exploração. Através deste processo, de acordo com o planejamento realizado, é possível manter vigilância sobre o curso e o desenvolvimento das ações. Segundo o autor, em determinado momento os estímulos ou sinais que chegam são irrelevantes e torna-se, necessário conjugar os recursos para o processamento cognitivo das informações que realmente interessam. Ou seja, o papel da atenção seletiva no processamento de informações é efetuar a seleção entre o grande número de comportamentos possíveis que capacitam a atingir objetivos imediatos ou a realizar um ato necessário, assim como, efetuar a seleção de programas de ação armazenados no cérebro para realizar a tarefa ou atividade. Conforme Brandão (2009) a atividade mental humana organizada possui alto grau de direção e seletividade e entre os muitos estímulos, somente são respondidos àqueles que são particularmente importantes e correspondem aos nossos interesses, intenções ou tarefas imediatas.

Para Sternberg (2010), o foco acentuado da atenção aumenta a probabilidade de resposta rápida e precisa aos estímulos. Assim, os benefícios da atenção são especialmente visíveis quando se referem aos processos de atenção conscientes. Segundo o autor, a atenção consciente atende a três propósitos:

- a) ajuda a monitoria das interações do indivíduo com o ambiente;
- b) ajuda as pessoas a estabelecerem uma relação com o passado (lembranças) e com o presente (sensações) para dar sentido a continuidade da experiência e;

- c) ajuda também, no controle e no planejamento das ações futuras, que se faz com base nas informações do monitoramento e das ligações entre as lembranças do passado e as sensações do presente.

Sternberg (2010) evidencia que vários fatores interferem no processo da atenção e dentre eles destaca-se a natureza da tarefa, que pode ser muito difícil ou complexa ou nova, pois, estas tarefas exigem mais recursos de atenção do que as fáceis, simples e bastante conhecidas. Para ele, quanto mais a quantidade de prática no desempenho da tarefa maior também é a relação com a habilidade de uso de recursos de atenção. Ou seja, a habilidade de desempenho da tarefa aumenta os recursos da atenção e pode minimizar os lapsos. Para o autor, quando se repetem respostas adequadas ao ambiente, é menos provável que se comentam lapsos e se perca o passo da sequência da tarefa.

O foco concentrado de atenção em determinados estímulos de informação, melhora a capacidade de manipular esses estímulos para outros processos cognitivos como a solução de problemas. É a partir do conceito de atenção seletiva que se pode compreender a forma como o sistema cognitivo seleciona a informação mais relevante, em detrimento de um conjunto de estímulos presentes no ambiente. A atenção seletiva se difere por dois aspectos: possui filtro distinto para informações recebidas e identifica onde, no processamento da informação, ocorre este filtro (Sternberg, 2010).

No estudo a respeito dos diferentes mecanismos da cognição humana, Rasmussen (1982) propõe a classificação dos modos de controle cognitivo, considerando o papel de elementos da cognição como memória e atenção para explicar a tomada de decisão.

Bouyer e Sznalwar (2005) no estudo sobre análise cognitiva do processo de trabalho em sistemas complexos identificam que, mesmo em ambientes onde há predominância de atividades com tarefas manuais, são detectadas demandas cognitivas associadas à solução de problemas, tomada de decisão e atenção. E complementam que estas demandas referem-se à necessidade de elaboração de representações para antecipação e predição dos estados futuros do processo, bem como a adoção de estratégias mentais para lidar com a organização das tarefas e

informações associadas a elas. Vale lembrar que, no ambiente pesquisado, a maior parte das tarefas e atividades são executadas manualmente, demandando de habilidade de aptidão, técnica e agilidade por parte dos executantes. Ou seja, o comportamento e nível de conhecimento destes profissionais são imprescindíveis para o bom desempenho na tarefa e resultado do sistema produtivo.

Ao analisar a tomada de decisão em ambientes complexos, Henriqson et al (2009), citando os estudos de Endsley (1999), identificam que a execução de uma tarefa é determinada por uma decisão, a qual, por sua vez, depende da adequada compreensão da situação. Para os autores, essa compreensão é processada cognitivamente em três níveis: no primeiro nível ocorre a percepção dos elementos da situação corrente; no segundo nível os elementos percebidos são compreendidos pela ativação dos mecanismos de memória e associação direta ou indireta com os modelos mentais (esquemas e planos) mais próximos da situação percebida e no terceiro nível ocorre à manifestação dos mecanismos de antecipação ou ação.

Henriqson e Saurin (2014), ao analisar o campo conceitual da engenharia de sistemas cognitivos identificam que os resultados dos estudos apontam e tomam o indivíduo como unidade de análise. Para os autores a investigação dos sistemas cognitivos deve focar no acontecimento emergente da interação entre humanos, trabalho e artefatos, pois ao focar o humano como um processador de informação e controlador dentro do sistema, acaba por produzi-lo como o responsável final pela operação e, portanto, responsável pelas eventuais falhas. E complementam que reconhecer o humano como sujeito capaz de detectar, corrigir eventuais falhas e sobrepor lacunas canaliza cada vez mais os esforços para investimento na *expertise* dos profissionais envolvidos nas atividades.

Neste aspecto, nos sistemas integrados e complexos, reduzir as falhas humanas passa, também, pelo entendimento da atenção dos operadores e executantes de manutenção. Compreender esta *expertise* pode ser um dos pontos chaves para melhorar o desempenho humano e reduzir a possibilidade de falhas do sistema. É neste sentido que os estudos sobre confiabilidade humana se inserem de maneira integrada, com a finalidade de colaborar para evitar ações inadequadas e contribuir para redução de eventos indesejáveis.

Na abordagem do processo de busca no fenômeno da atenção Sternberg (2010) relata que a mente humana conduz a busca visuais, ou seja, para cada característica possível de estímulo, cada indivíduo tem um mapa mental para representar determinada característica por meio do campo visual e salienta que o conhecimento anterior também influencia e facilita a capacidade para usar várias estratégias de buscas conjuntas. Para o autor, a detecção de sinais, é uma das funções básicas da atenção, vez que , quando se detecta o surgimento de determinados estímulos , ocorre a interação entre a sensação física de um estímulo e os processos cognitivos.

Ao analisar o registro dos indicadores da atenção, Brandão (2009) destaca que uma das técnicas de registro mais utilizada incluem as medidas do tempo de reação. Segundo o autor, com o avanço dos estudos sobre os mecanismos cerebrais da atenção, têm sido identificados vários indicadores fisiológicos que servem como parâmetros para avaliar os diversos níveis desta condição mental.

Desta forma, sabendo que a tecnologia eye tracking é utilizada para examinar os padrões de busca visual e fornecer informações valiosas a respeito da atenção do usuário, em função disso, para analisar a existência de diferenças significativas entre a atenção e o tempo de experiência dos executantes de tarefas críticas de manutenção optou-se pela realização do estudo em questão com a elaboração de experimentos utilizando a tecnologia eye tracking. Os estudos de Ratwani, (2010), adverte que a utilização do rastreador ocular é um componente chave para análise de consciência situacional, sugerindo que a verificação visual é acionada pela expectativa de ver algo valioso. Portanto, no próximo tópico será efetuada apresentação do dispositivo eye tracking bem como, os tipos e modelo de rastreadores oculares utilizados na produção científica.

3.4 O USO DO EYE TRACKING (RASTREADOR OCULAR) COMO TECNOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO PARA ANÁLISE DA ATENÇÃO

O fenômeno da atenção visual tem sido estudado há mais de um século. De acordo com Rayner, (1998) os primeiros estudos de atenção eram tecnologicamente

limitados às observações oculares simples. Desde então o campo tem crescido e cada vez mais interdisciplinar envolvendo da psicofísica, a neurociência, psicologia cognitiva, ciência da computação, ciências da saúde, entre outras áreas científicas. Segundo Duchowski (2007) a definição de eye tracking pode ser entendida como caminho do escaneamento dos olhos ou simplesmente, movimento ocular (fixações e movimentações).

Rhodes (2009) destaca que a partir do exame dos movimentos de fixações, dilatação da pupila, piscar de olhos e uma variedade de outros comportamentos, a utilização do eye tracking torna-se uma ferramenta poderosa não somente para registro e análise dos dados coletados, mas, sobretudo, para entender como os usuários “olham” e o que eles fazem com o que olham. Em outras palavras, as pesquisas com a utilização do eye tracking permitem entender melhor como os usuários fazem uso da informação coletada através do olhar.

Land e Furneaux (1997) ao efetuarem estudo sobre a relação dos padrões de movimento ocular e os papéis que os mesmos desempenham na orientação e execuções das ações, destacam que os movimentos oculares são fontes de informações úteis para desempenho de qualquer ação motora utilizada para a realização de uma determinada tarefa. De acordo com os autores os movimentos oculares, em fração de segundos, extrai a informação necessária que é passada para o sistema motor via um *buffer* de memória onde é mantida brevemente antes de ser encaminhada para a execução do ato motor específico, concretizando assim a ação. Ou seja, os movimentos oculares normalmente precede a ação motora.

Em seu estudo *Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research*, Rayner (1998) resumiu as características das três gerações de pesquisa com a utilização de rastreamento ocular. A primeira geração (1879-1920) foi definida pela descoberta dos movimentos básicos dos olhos, inclusive a supressão sacádica, a latência, e o tamanho do intervalo perceptual; a segunda (1930 - 1958) foi caracterizada por uma investigação mais aplicada no foco, coincidindo com o movimento behaviorista da psicologia experimental e a terceira (1970-1998) foi marcada por melhorias nos sistemas de registro dos movimentos oculares, facilitando cada vez mais e tornando precisas as mensurações. Os estudos de

Rayner (1998) têm proporcionado pesquisa de aplicações de rastreamento ocular na leitura e outras tarefas de processamento de informações.

Os estudos de Ratwani (2010) apontam que a utilização do rastreador ocular é um componente chave para análise de consciência situacional, sugerindo que a verificação visual é composta pela expectativa de ver algo valioso. Em outras palavras, ter boa capacidade de varredura visual está correlacionada com hábitos de perceber eventos anômalos e ter a melhor condução e tomada de decisão perante aos eventos. De acordo com Rayner (1998) embora se possa facilmente dissociar o locus de atenção e localização do olhar em tarefas de discriminação simples, em tarefas de processamento de informações complexas, a relação entre atenção e olhar é provavelmente muito próxima.

De acordo com Drewes e Schmidt (2007) na análise do rastreamento do olhar o sistema utiliza raios infravermelhos e uma câmera que fica incorporada para efetuar o registro do ponto de reflexão e o centro da pupila e assim, a direção do olhar é calculada a partir da distância entre estes dois pontos. Enquanto dispositivo, o eye tracking vem se consolidando pela capacidade de promover experimentos, avanços científicos e inovação tecnológica.

Para Duchowski (2007) a utilização do eye tracking em pesquisas (aviação, medicina, web design, estudos sobre cognição, fatores humanos, treinamento esportivo, educação, etc.) tem sido aumentada consideravelmente, pois enquanto metodologia é um meio efetivo de analisar e prover informação no entendimento do comportamento, opinião e atitudes do usuário em relação a uma interface.

Segundo Duchowski (2002) existe uma ampla variedade de estudos com o uso do eye-tracking, porém, as análises estão relacionadas à elaboração de diagnóstico ou interatividade. Para o autor (2002) ao ser utilizado em estudos para diagnóstico o dispositivo registra o movimento ocular para averiguar a atenção do usuário ao longo de um estímulo e os dados obtidos fornecem evidências quantitativas do rastreamento visual do participante bem como, do processo de atenção.

Pesquisadores estudam movimentos de olho como respostas fisiológicas para estímulos e como indicação da cognição (SMI, 2009). Os estudos revelam que a expansão do uso da tecnologia eye tracking se consolidou nos inícios dos anos 90,

sendo utilizada no estudo do movimento ocular nas áreas da aviação, web design e publicidade. Segundo Barreto (2012) a pertinência de estudar os movimentos oculares tem como base:

A hipótese de que aquilo que é visualizado por uma pessoa é assumido como indicador do pensamento atual/prevalente nos processos cognitivos. Isto significa que a gravação dos movimentos oculares fornece um traçado dinâmico onde está dirigida a atenção num determinado campo visual. A medição de outros aspectos associados aos movimentos oculares, como as fixações (momentos em que os olhos estão relativamente fixos, assimilando ou “codificando” as informações), poderá igualmente revelar a quantidade de processamentos aplicados a objetos visualizados. (BARRETO, 2012, p.169).

Rayner (1998) enfatiza que as pesquisas com a utilização do rastreador ocular caracterizam-se por disponibilizar uma grande variedade de aplicativos de rastreamento do olhar que estão sendo amplamente utilizado como sistema de análise. Para o autor, enquanto dispositivo, o eye tracking vem se consolidando pela capacidade de promover experimentos, avanços científicos e inovação tecnológica. A possibilidade de mapear e analisar os movimentos dos olhos em busca de melhor desempenho na interface homem-máquina vem se tornando realidade em diversos campos científicos.

Alguns estudos que utilizam a tecnologia eye tracking abordam as diferenças de desempenho em determinados estímulos ou tarefas conforme nível de experiência e tempo de atuação na função ou atividade. Jarodzka et all (2010) com o uso da tecnologia eye tracking ao examinar as diferenças de percepção e atenção entre especialistas e novatos durante a interpretação de estímulos visuais dinâmicos no domínio da locomoção de peixes, identifica que as diferenças de desempenho entre os grupos foram verificadas, uma vez que os experientes foram capazes de realizar a tarefa pela média de visualização mais curta, com tempo de duração do estímulo mais rápido e utilizam a expectativa e padrões de busca visual mais precisos do que os novatos.

Já Haider e Frensch (1999) em estudo utilizando a tecnologia eye tracking identificaram que com o aumento do tempo de experiência as pessoas aprendem a distinguir as informações relevantes das irrelevantes e, portanto, ao elaborar o

experimento com a tecnologia eye tracking, concentram-se no processamento de informação relevante.

Em pesquisa elaborada no domínio das artes visuais, abordando também a mesma categoria, Antes e Kristjanson (1991) constataram que os artistas (experientes, pois possuem conhecimento e habilidades sobre o assunto), durante realização do experimento, em comparação com os não artistas (novatos) tiveram maior densidades e números de fixação sobre aspectos importantes das pinturas utilizadas que os não experientes.

Charness et al (2001) também utilizando a tecnologia eye tracking no estudo sobre os efeitos da experiência no desempenho do jogo de xadrez verificaram que os especialistas tiveram uma proporção maior de fixações em áreas com informações mais relevantes que o grupo de novatos.

Na pesquisa sobre estratégias de busca visual entre motoristas especialistas e motoristas novatos durante a exibição de cenas de tráfego, Gomez-Valades et al (2013) analisam as estratégias de busca visual entre dois grupos : o grupo de motoristas experientes e grupo de motoristas inexperiente com o uso do rastreamento do olhar. Os resultados mostram que os grupos de motoristas (experientes e inexperientes) produziram estratégias de busca visual diferentes. Sendo que, o grupo de motoristas experientes demonstra um longo período de fixação e, também apresentam um maior número e tempo de fixação de estímulos relevantes para a condução dos veículos no trânsito (sinalização vertical e veículos) em relação ao grupo inexperiente. Já o grupo dos inexperientes apresentaram um número e tempo de fixações superiores em locais com pouca relevância para a condução.

Ao pesquisar os movimentos dos olhos e da cabeça de pilotos profissionais com a finalidade de analisar o comportamento na interação homem máquina, que são relevantes, para seleção de informações e administração, bem como a consciência situacional, Anders (2001) constatou a importância dos estudos dos movimentos oculares para julgamento do desempenho e também para futura formação de pilotos principiante.

No estudo para avaliar a usabilidade de instrumentos de navegação aérea, como os mapas de navegação eletrônicos através do rastreamento ocular, Ottati, Hickox, e Richter (1999) compararam os padrões de movimento dos olhos entre pilotos experientes e novatos durante simulação de voo em terreno com diferentes características. Na pesquisa foi constatada que os aviadores experientes utilizaram menos tempo procurando e fixando em pontos de navegação, enquanto, os novatos tiveram maior dificuldade em encontrar e extrair as informações úteis, tendo mais tempo de permanência e maior número de fixações.

Ao abordar os estudos na engenharia industrial e fatores humanos Duchowski (2002) ressalta que a utilização da tecnologia eye tracking é particularmente importante para a avaliação de ações humanas presentes e futuras, já que os métodos de medição de desempenho humano muitas vezes incluem medidas de tempo de reação e precisão, ou seja, o quanto rápido uma pessoa completa uma tarefa e como esta tarefa é executada. Neste sentido, estudar as ações realizadas para executar as tarefas requer uma análise dos procedimentos individuais e, para esta análise, os movimentos dos olhos são particularmente interessantes, pois, apresentam medidas que podem fornecer *insights* sobre a visão cognitiva, e aspectos de atenção do desempenho humano.

Em pesquisa com os movimentos dos olhos em inspeção industrial, Megaw e Richardson (1979) identificaram a sequência relevante de parâmetros dos movimentos oculares dentre eles: tempos de fixação, o número das fixações, a distribuição espacial das fixações, a direção dos movimentos oculares, e a sequência isto é, os caminhos ou trajetória de varredura visual.

Quanto aos aspectos de instrução e treinamento com o suporte dos estudos dos movimentos oculares é pertinente trazer a consideração de Duchowski (2002) a respeito do tema vez que para o autor o rastreamento dos movimentos oculares durante a inspeção visual pode levar as análises preditivas, se certos padrões recorrentes ou estatísticos forem encontrados nos dados coletados. De acordo com o autor, se os padrões forem recorrentes, por exemplo, os movimentos oculares de um inspetor especialista pode claramente apresentar um padrão sistemático e em caso afirmativo, este padrão pode ser usado para treinar os inspetores novatos.

Wang, Lin, e Drury (1997) ressaltam que, os movimentos oculares podem desempenhar papel na formação de estratégia de busca visual e esta formação pode ser eficaz na adoção de uma desejável estratégia de busca sistemática. De acordo com os autores, para treinar a estratégia de busca visual, os movimentos dos olhos podem ser usado tanto como um mecanismo de *feedback* quanto para confirmar a aprovação de uma nova estratégia de busca visual.

Ainda em relação aos estudos sobre treinamento de padrões de busca visual, Duchowski et al (2001) através da simulação em ambiente virtual discute a utilização dos movimentos oculares para treinamento em atividades de inspeção de aeronaves. No estudo se identificou que o movimento ocular fornece dados valiosos sob aspectos de fatores humanos e complementam as estatísticas de desempenho utilizadas para mensurar a efetividade do treinamento. A análise do estudo demonstra que o tempo médio de fixação não altera significativamente após treinamento, porém, ocorre tendência na redução do número de fixações observados nos ensaios de pós-formação. Segundo os autores estes resultados aparecem em concordância com a adoção de estratégia de busca visual melhorada devido à aprendizagem ou a familiarização com a tarefa.

Os estudos com a utilização do eye tracking como metodologia de pesquisa abrangem diversas áreas de conhecimento: medicina, engenharia, web design, manufatura, neurologia, biologia, aviação, etc e de uma forma em geral demonstram a capacidade de interação do usuário com o produto ou sistema. Neste sentido, os modelos de rastreadores oculares atualmente disponíveis comercialmente variam e são selecionados de acordo com o tipo de pesquisa que se deseja realizar.

De uma maneira em geral, quanto à portabilidade existem dois tipos de dispositivos eye trackers: o modelo tipo móvel (formato óculos) e o modelo remoto (fixo). O tipo móvel geralmente elaborado em formato de óculos é transportado pelo participante do experimento. A Figura 6 abaixo ilustra o modelo tipo móvel.

Figura 6 - Eye Tracker Móvel**Eye Tracker - modelo Móvel**

Fonte: Manual Tobii. Adaptado pela autora (2013).

O outro modelo, tipo fixo, é uma unidade estacionária, conhecido como “table mounted”, efetua a análise de imagens tanto em tela do computador como em cenários de teste (sistema dinâmico). São integrados e colocados no monitor e registram os movimentos oculares considerando a distância e apresentam determinada limitação já que os movimentos de cabeça devem obedecer a um determinado padrão para não comprometer a qualidade e confiabilidade do teste. O modelo tipo fixo é mostrado na Figura 7 abaixo:

Figura 7 - Eye Tracker Modelo X2-30**O modelo X 30 / 60**

Fonte: Manual Tobii. Adaptado pela autora (2013).

No Brasil alguns centros de pesquisa já utilizam o eye tracking como instrumento para investigação, contudo na área de manutenção industrial percebe-se que há existência de lacunas o que motiva a busca de novos estudos neste setor

produtivo. No próximo capítulo, são apresentados os métodos, o equipamento e o procedimento de coleta e análise de dados.

4 MÉTODOS

Neste capítulo é apresentado o tamanho da amostra, o local de coleta de dados, o estudo piloto, o procedimento prescrito bem como, o dispositivo eye tracking utilizado no estudo, as métricas de análise e a representação gráfica dos dados.

4.1 TAMANHO DA AMOSTRA

A amostra da pesquisa foi composta por 48 profissionais atuantes nas atividades de monitoramento e tomada de decisão em tarefas críticas de manutenção. Os participantes foram divididos em dois grupos: **GE** - Grupo dos Experientes (com mais de 10 anos de atuação na atividade) e **GN** - Grupo dos Novatos (com no máximo 02 anos de atuação na atividade).

Por meio do uso do questionário para caracterização da amostra foram definidos os níveis de experiência de cada participante. O contato com os participantes foi pessoalmente onde foi explicado para os mesmos os objetivos da pesquisa e os instrumentos que serão utilizados. Vale lembrar que neste primeiro contato também foi efetuado a leitura e assinatura do Termo de Consentimento livre e Esclarecido – TCLE (**ANEXO A**).

Com a finalidade de preservar os riscos de imagem e os dados coletados dos participantes durante o teste, os dados foram identificados com código do participante, garantindo anonimato e sigilo das informações, usadas especificamente para o propósito da pesquisa. Após a aplicação do questionário para caracterização da amostra (**APÊNDICE 1**) obteve-se os dados mostrados na Tabela 2 a seguir:

TABELA 2 – Características da Amostra

CARACTERÍSTICA DA AMOSTRA		
	GE - EXPERIENTES	GN- NOVATOS
NÚMERO DE PARTICIPANTES	27	21
FAIXA ETÁRIA	36 a 63 anos	22 A 33 anos
NÍVEL DE ESCOLARIDADE	68% nível técnico	64% nível técnico

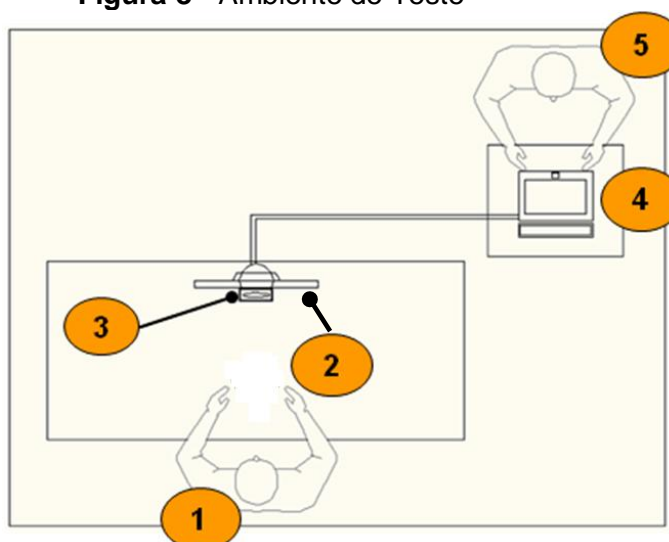
GÊNERO	27 Masculino	19 Masculino e 02 Feminino
TEMPO DE ATUAÇÃO NA PROFISSÃO	16 anos	02 anos
TEMPO DE ATUAÇÃO NA ATIVIDADE	16 anos	02 anos

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

4.2 LOCAL DA COLETA DE DADOS

A pesquisa foi desenvolvida em um ambiente fechado para evitar riscos ergonômicos, e em atenção ao conforto dos participantes da amostra, bem como a qualidade dos dados coletados. Foi dada atenção aos aspectos ergonômicos referentes à iluminação adequada, à temperatura, ao posto de trabalho, aos ruídos, etc. Para propósito desta pesquisa foi montado o esquema conforme Figura 8 a seguir.

Figura 8 - Ambiente de Teste



Fonte – Elaborado pela autora (2013).

Legenda:

1. Participante
2. Tela de visualização do procedimento
3. Dispositivo eye tracking para o mapeamento visual dos dados

4. PC com Software para coleta e análise dos dados
5. Moderadora - pesquisadora que acompanha o experimento

Visando garantir o conforto e evitar quaisquer tipo de desgaste dos participantes, a apuração da tarefa com o dispositivo eye tracking teve um tempo limite de até 10 minutos. Para garantir a qualidade dos dados coletados, a distância do participante ao dispositivo foi de aproximadamente 65 cm. O experimento foi efetuado em sessão individual com tempo de aproximadamente três minutos por participante.

O processo de coleta de dados foi efetuado em dois momentos com ambos os grupos GE e GN. A coleta com o grupo dos novatos foi efetuada em um laboratório de manutenção industrial de uma instituição de ensino. Já o experimento com o GE foi efetuado na sala de treinamento da empresa em que esses profissionais atuam. Para ambos os grupos, durante o teste, foi montado o esquema da Figura 8. Vale destacar que, com a finalidade de não causar interferência na percepção de busca visual, no primeiro momento com ambos os grupos foi executado o experimento com o procedimento sem sinalização e, posteriormente com procedimento sinalizado.

4.3 ESTUDO PILOTO

Para início da etapa de preparação foi necessário que a pesquisadora fosse capacitada e se familiarizasse com o rastreador ocular. Vale ressaltar que, com a finalidade de aprimoramento de capacitação e familiarização do uso da metodologia eye tracking, a pesquisadora responsável por este estudo efetuou teste piloto com o dispositivo no Laboratório de Usabilidade e Confiabilidade Humana (LABUCH) do Instituto de Engenharia Nuclear/ Comissão Nacional Energia Nuclear (IEN/CNEN), coordenado pelo Prof. Dr. Isaac Luquetti.

Além disso, participou de intercâmbio de pesquisa com o grupo de Linguagem, Diversidade e Cognição liderado pelo Professor Dr^o David Saldanha Sage e com o grupo de Investigação de Comportamento Social e Saúde liderado pelo Professor Dr^o José Maria León Rubio do Departamento de Psicologia da Universidade de Sevilha, Espanha. Nesse intercâmbio de cooperação acadêmica, realizado na

Espanha, em janeiro de 2014, a pesquisadora participou de experimentos com o eye tracking por meio das pesquisas que o grupo da Universidade de Sevilha vem realizando com o uso da tecnologia eye tracking.

4.4 PROCEDIMENTO PRESCRITO E EQUIPAMENTO.

Neste tópico é apresentado o procedimento prescrito e o dispositivo de rastreador ocular (eye tracking).

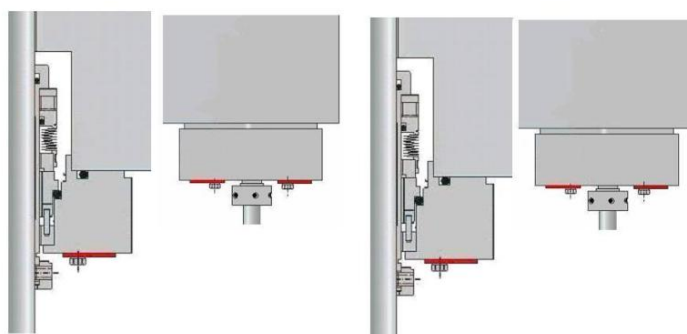
4.4.1 Procedimento Prescrito

Com a proposta de diminuir o impacto na produtividade por quebras excessivas em bombas centrífugas tipo BPO (Back Pull Out) e de avaliar o processo de reparo destes equipamentos tendo como base os conceitos de confiabilidade humana e a referência da API 770 (2001) foi elaborado o procedimento de manutenção que se adequasse ao contexto e as necessidades concretas dos executantes destas atividades. A formulação do procedimento foi efetuada conforme demonstrada no estudo de Souza e Figueirôa (2011) e Pimentel e Figueirôa (2010).

Dentre as tarefas críticas detalhada no procedimento elaborado, se destaca a instalação e teste de selos mecânicos. Devido a sua importância e elevado grau de criticidade, a API – American Institute Petroleum padronizou através da norma API 682 (2004) a fabricação, instalação e teste dos selos mecânicos, em bombas centrífugas e rotativas utilizados na indústria química e petroquímica. Segundo Lima (2003), os selos mecânicos são dispositivos dinâmicos que tem a finalidade de impedir a passagem de um fluido ao longo da interface de duas superfícies anelares radiais animadas de movimento relativo. O selo é um dispositivo mecânico instalado na caixa de selagem ou câmara do selo que tem por finalidade prevenir ou eliminar vazamentos de gases ou líquidos sob pressão. De acordo com Lima (2003), na instalação do selo mecânico devem-se observar as recomendações quanto à segurança e cuidados no manuseio do componente.

Desta forma, o procedimento com estímulo pictorial utilizado neste estudo foi desenvolvido para a atividade da etapa de montagem e instalação de selo mecânico, nas intervenções de bombas BPO. Destaca-se que, primeiramente, o procedimento foi desenhado considerando os aspectos de melhoria de usabilidade e, posteriormente, em atendimento ao contexto em que se encontravam os executantes e utilizando os conhecimentos combinados de tarefa e análise de risco, o procedimento foi sinalizado. Assim, o experimento foi dividido em duas fases: a) com a utilização do procedimento sem sinalização e b) com o procedimento sinalizado. As Figuras 9 e 10 a seguir mostram respectivamente, o modelo do procedimento sem sinalização e sinalizado usados no teste.

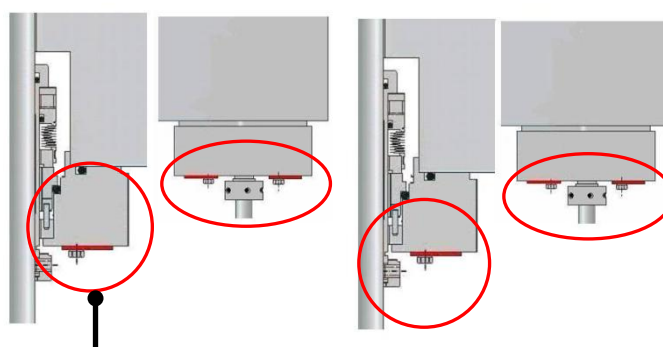
Figura 9 – Procedimento Sem sinalização



Fonte: Elaborado pela autora (2010).

A Figura 10 a seguir ilustra o procedimento sinalizado a partir das preferências e percepções dos executantes das atividades de manutenção.

Figura 10 – Procedimento Sinalizado



Sinalização

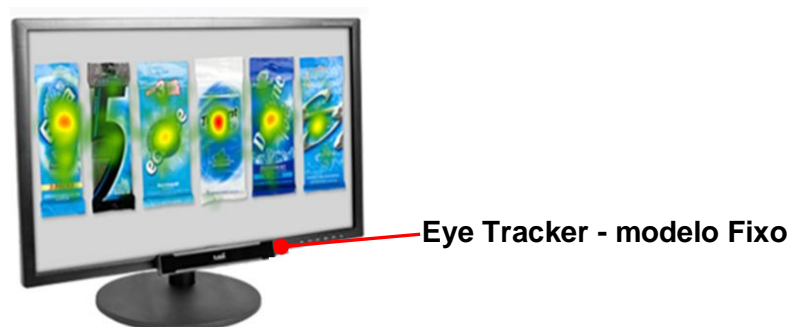
Fonte: Cadernetas de Manutenção (2010).

Vale destacar que, durante o teste, o procedimento prescrito de montagem e instalação de um selo mecânico foi observado em tela. Antes do início do experimento, após calibração do equipamento foi solicitado aos participantes que localizassem através do rastreamento ocular “os pontos mais relevantes que devem ser observados e inspecionados durante a montagem e/ou instalação de um selo mecânico”.

4.4.2 O dispositivo Eye Tracking

Como já mencionado os modelos de eye trackers variam de acordo com o tipo de pesquisa que se deseja realizar. Existem diversos fabricantes de dispositivos de rastreamento ocular, na pesquisa em estudo foi utilizado o modelo X 30 / 60 da Tobii. Este tipo de tracker pode ser fixado em um laptop ou em um monitor de PC. Para a realização da coleta de dados, em tempo real o equipamento realiza o processamento de imagem e a gravação do vídeo da cena que são combinadas em um PC de alto desempenho. (TOBII, 2009). A Figura 11 mostra o modelo utilizado neste estudo (Fixo) posicionado em um monitor de PC.

Figura 11- Eye Tracker Modelo Fixo



Fonte: Manual Tobii. Adaptado pela autora (2014).

O sistema modular é capaz de efetuar medições de precisão usando a pupila (pontos de sacadas e fixações) para dimensionar os movimentos do olho humano. As medições de precisão são feitas em uma variável taxa de amostragem e a precisão é calculado como root-mean-square (RMS) de amostras sucessivas. É

composto pelo dispositivo tracker e software. O software através das visualizações e análise estatística exporta os dados coletados para posterior análise de rastreamento. Este tipo de modelo trabalha com frequência de captação de imagens de 30 Hz até 60 Hz, tempo imediato de recuperação para o piscar e liberdade de movimento da cabeça. O equipamento utilizado nesta pesquisa foi importado da TOBII TECHNOLOGY com número de registro TTA002612 e Licença de Uso: G5FWC-83QCC-6E2DY-2ACPQ.

Com a finalidade de obedecer aos requisitos de segurança e não causar danos aos usuários, os dispositivos eye tracking disponíveis no mercado, inclusive o que foi utilizado nesta pesquisa tem a luz infravermelha controlada. Devido à utilização de luz infravermelha direcionada a face dos usuários, em especial aos olhos dos participantes, os dispositivos eye tracking vendidos comercialmente e utilizados em pesquisas são testados e estão em conformidade com os limites permitidos pela FCC - Código Federal de Regulamento. O item 15 do FCC - Código Federal de Regulamento (EUA) - determina que a operação de equipamentos eletrônicos digital de classe B (no qual se inclui o dispositivo eye tracking) deverá cumprir as condições de segurança de modo não causar interferência prejudicial aos usuários. (TOBII, 2013 – Manual TOBII X2 – Product Description - **ANEXO B**).

No software *Tobii Studio*, para visualizar os dados, as coordenadas “X, Y” são processadas para fixações e sobrepostas sobre a gravação (vídeos, imagens estáticas, etc) e são usadas para calcular as métricas de rastreamento ocular. Este processo é realizado através da aplicação de uma classificação tomando como referência as medidas básicas dos movimentos oculares: as fixações e sacadas.

Através da combinação de ferramentas avançadas para visualização e análise, o software *Tobii Studio* oferece uma plataforma abrangente para a gravação e análise e processamento de dados do olhar. Durante a gravação, o software coleta pontos de dados brutos a cada movimento dos olhos (sacadas e /ou fixações). Cada ponto de dados é identificado com um *timestamp* e pelas coordenadas “X, Y” e enviado para análise. O software é utilizado desde a concepção do estudo de rastreamento ocular de gravação, visualização e exportação dos resultados de rastreamento dos olhos de maneira a permitir a análise científica dos dados coletados através dos movimentos dos olhos. Devido à capacidade de visualizar, analisar e exportar os

dados, o software elabora o mapa dinâmico agregando os dados de rastreamento ocular e as áreas dinâmicas de interesse (AOI) e, desta maneira fornece o sumário visual e dado estatísticos completo dos eventos. (TOBII, 2013). Vale ressaltar que, o software *Tobii Studio* possibilita exportar os dados para leitura e análise em Excel. O tópico seguinte descreve a definição da AOI e a representação gráfica (visualização) obtida através do rastreamento do olhar utilizadas neste estudo.

4.5 AS MÉTRICAS DE ANÁLISE E A REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DADOS

Nos experimentos realizados com a tecnologia eye tracking as métricas são mensuradas a partir de testes controlados gerados com base em procedimentos ou instruções e tarefas atribuídas aos participantes do estudo. Os resultados de desempenho que servem para mensurar as métricas são baseados em como os participantes realizam as tarefas. Para realizar a análise de dados é necessário, primeiramente, definir a área de interesse (AOI). As AOIs são definidas de acordo com o interesse do pesquisador e tem por finalidade retratar as partes essenciais do objeto analisado durante todo o mapeamento do olhar, ou seja, é o campo (área) mais relevante, previamente delimitado pelo pesquisador que serviu como referência para a análise das métricas.

Conforme ressaltado anteriormente para analisar os movimentos dos olhos dos participantes, foram criadas as AOIs, que são as áreas específicas do estímulo visualizado. Vale destacar que, o critério utilizado para definição das AOIs foi demonstrar a ordem sequencial das etapas de montagem e instalação do selo mecânico. Neste sentido, as AOIs definidas mostram:

- Na AOI 01 e 03 são apresentados os elementos e /ou componentes que são funcionais e cruciais para a operação do sistema: fole, vedações primárias, vedações secundárias e;

- A AOI 02 e 04 detalham os elementos responsáveis pela garantia e segurança na montagem e instalação do selo mecânico: a trava e o colar.

Assim, neste estudo, o passo a passo para a realização da tarefa de montagem e instalação do selo mecânico é confirmada através da ordem sequencial de visualização das AOIs no teste. Ou seja, primeiro a visualização da montagem dos elementos funcionais e, posteriormente do sistema de trava e colar. Desta forma, através das análises das medidas básicas dos movimentos oculares, fixações e sacadas, foram selecionadas as métricas investigadas, detalhadas a seguir:

a) Tempo para primeira fixação (Time to First Fixation) - é o tempo mensurado em segundos, a partir do início da visualização do estímulo até ao início da primeira fixação dentro de uma AOI especificada. Na análise do instante de primeira fixação pode-se verificar a estratégia de busca do grupo, ou seja, infere-se que o que se busca visualizar no primeiro instante seja o mais importante de ser visualizado;

b) Tempo Total de Fixação (Dwell Time) – é o tempo gasto nas AOIs, conhecida como Dwell Time. A maior quantidade de tempo gasto nas áreas de interesse demonstra que a área observada por maior tempo tem uma determinada relevância que deve ser considerada. O dwell time define o foco com maior atenção, isto é, qual a área que mais demandou a atenção dos grupos;

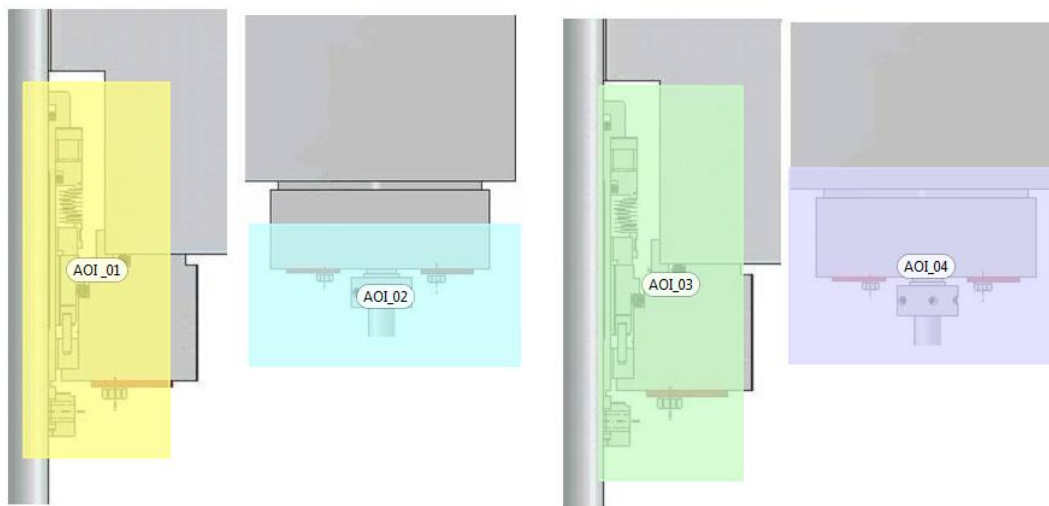
c) Número total de fixações (Fixation Count) – é a quantidade de números de fixação efetuada pelo participante em uma AOI. O número de fixações está relacionado com a busca de informações e com a eficiência de uma procura. Considerando os aspectos de tempo de tarefas e relação com os números de fixações (tarefas mais longas requerem maior número de fixações), um número maior de fixações indica uma menor eficiência da procura;

d) Número de visitas (Visit Count) – é o número de visitas efetuadas nas AOIs. A quantidade de números de visitas relaciona-se com a necessidade de confirmação das informações.

Vale destacar que as definições das métricas variam de acordo com as características e objetivos da pesquisa, não há uma definição padrão de melhores métricas que devem ser aplicadas em todos os cenários. Neste aspecto, o conjunto das métricas ora definidos teve por finalidade analisar e comparar o processo de atenção e o tempo de resposta (instante da primeira fixação, dwell time e tempo total do experimento) e a trajetória de busca visual dos grupos (instante da primeira

fixação, dwell time, número de fixações e número de visitas). A Figura 12 a seguir ilustra a definição das AOIs utilizadas como referências para análise dos dados.

Figura 12 – Definição das AOIs - Área Of Interest



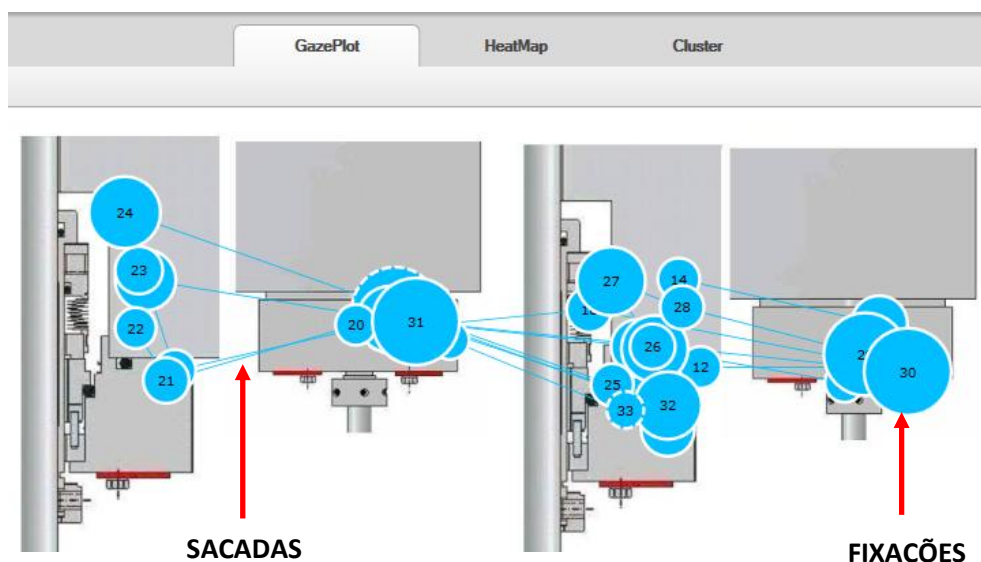
Fonte: Software Tobii Studio. Elaborado pela autora (2014).

Após definição das AOIs, os dados de rastreamento ocular podem ser visualizados em uma série de maneiras. As visualizações criadas com base nas gravações do olhar pertencentes a seus respectivos testes são representadas graficamente e ilustram através de imagens a maneira como o participante (usuário) explora a interface (imagem, vídeo, etc). Os dados podem ser apresentados como representações gráficas através do: Gazeplot, Heatmap e Cluster. Cada um dos tipos de visualização (cenário do olhar, mapa de calor ou duração acumulativa) são ferramentas eficazes para a análise e também ajudam a ilustrar e comunicar os resultados dos trabalhos de pesquisa.

A visualização Gazeplot é a representação gráfica da sequência dos movimentos correspondente à posição das fixações (ponto a ponto) observadas pelo participante durante o experimento. Permite visualizar e discriminar as áreas que são mais visualizadas por um determinado participante ou grupo. Cada ponto indica onde o participante fixou a atenção (fixações) e as linhas, pequeno traços, indicam os movimentos sacádicos. A visualização gazeplot explora o conhecimento do olhar do usuário assim, o tamanho dos pontos indica o tempo de duração da fixação e os números dos pontos representam a ordem das fixações. Através da representação

gráfica gazeplot se obtêm o *scanpath*, ou seja, o caminho ou trilha da varredura. A análise do scanpath mostra o caminho (linhas) e duração (tamanho de círculo) de cada fixação. A Figura 13 a seguir ilustra um exemplo da visualização tipo Gazeplot.

Figura 13 – Ilustração tipo GazePlot – Trajetória do Olhar



Fonte: Software Tobii Studio. Elaborado pela autora (2014).

No tipo de visualização Heatmap, através da diferenciação das tonalidades de cores, é possível verificar os pontos com a maior frequência de fixação. O mapa de calor utiliza cores diferentes para mostrar o número de fixações dos participantes feitas em determinadas áreas da imagem ou por quanto tempo eles fixaram dentro de uma determinada área. A cor “vermelha” geralmente indica o maior número de fixações por um maior período de tempo e a verde a de menor tempo, com diferentes níveis entre os dois. A Figura 14 exemplifica a visualização do tipo Heatmap.

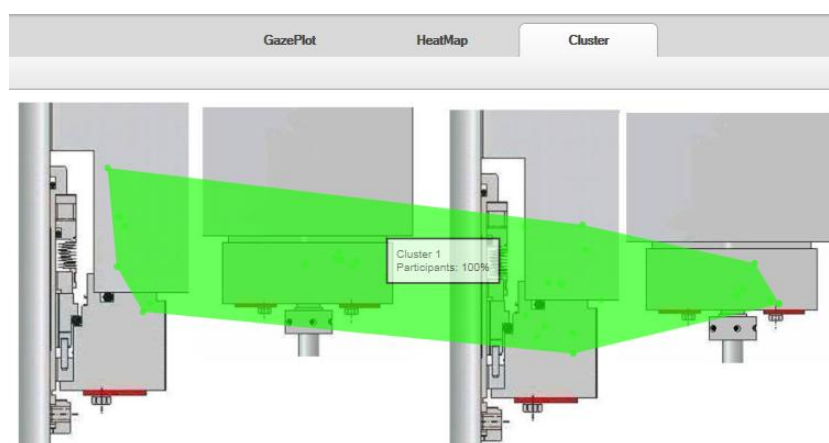
Figura 14 – Ilustração tipo Heatmap – Mapa de Calor



Fonte: Software Tobii Studio. Elaborado pela autora (2014).

O outro tipo de visualização analisada a partir da coleta de dados é o tipo cluster. A visualização tipo cluster é uma representação gráfica das áreas com alta concentração de pontos de dados do olhar. Este tipo de visualização pode ser utilizado para calcular os conjuntos de dados de olhar que indicam as regiões de interesse, ou de forma semelhante à contagem, de modo que exibi as áreas com alta densidade de fixação. Os dados de fixação contidos em cada cluster podem ainda ser analisados, gerando automaticamente as AOIs e calculam as métricas de rastreamento ocular com base nas AOIs (TOBII, 2013). A Figura 15 ilustra um exemplo da visualização tipo cluster.

Figura 15 – Ilustração tipo Cluster



Fonte: Software Tobii Studio. Elaborado pela autora (2014).

Algumas pesquisas com a utilização da tecnologia eye tracking (Duchowski, 2001; Rayner, 1998; Anders, 2001) sugerem que a essência da cena ou do estímulo do usuário pode ser analisada a partir do resultado obtido no início da visualização, ou seja, as informações úteis são captadas logo nas primeiras fixações. Sendo assim, neste estudo, foi utilizado esse recorte para verificar as fixações iniciais nos 5 segundos.

Os dados foram analisados no software *Tobii Studio* para obtenção das métricas e representação gráfica – gazeplot, heatmap e cluster por grupo. Os resultados obtidos no estudo foram tabulados quantitativamente em escores e analisadas por meio de estatística descritiva (mediana e desvio padrão) e inferencial. Como os resultados indicaram a ausência de distribuição normal foi necessário efetuar a definição do uso estatístico não paramétrico Teste Mann Whitney para comparação dos resultados entre os grupos (GE e GN). Foram utilizados o Excel e o software R para o cálculo dos testes estatísticos.

5 RESULTADOS

Este capítulo está dividido em quatro tópicos, a saber: a) análise e comparação da atenção e tempo de resposta durante monitoramento da tarefa com o procedimento sem sinalização; b) análise da trajetória de busca visual específica por grupo GE e GN - Procedimento sem Sinalização; c) análise e comparação da atenção e tempo de resposta durante monitoramento da tarefa com o procedimento sinalizado e d) análise da trajetória de busca visual específica por grupo GE e GN - Procedimento Sinalizado.

5.1 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DA ATENÇÃO E TEMPO DE RESPOSTA DURANTE MONITORAMENTO DA TAREFA COM O PROCEDIMENTO SEM SINALIZAÇÃO - GRUPO DOS EXPERIENTES E GRUPO DOS NOVATOS

Para sinalizar o processo de atenção e tempo de resposta obtido durante as fixações iniciais (5 segundos) nas AOIs específicas foi montada a Tabela 3 a seguir:

TABELA 3 – Interpretação das Fixações nos Primeiros 5 segundos

TPF		DWELL TIME		FIXAÇÕES		VISITAS		
AOI	Tempo	AOI	Tempo	AOI	Número	AOI	Número	
GN	02	0,15 s	02	1,50 s	02	03	02	2,5
GE	03	0,34 s	01	1,40 s	01	03	01	01

*Nota: GE = Grupo dos Experientes GN= Grupo dos Novatos.

Assim, considerando as fixações iniciais, os primeiros cinco segundos, percebe-se que o GN olha primeiro a AOI 02 no instante 0.15 s. Já o GE realizou a primeira fixação na AOI 03 no tempo de 0,34 s. Nos primeiros cinco segundos, além de fixar primeiro a AOI 02, o GN tem também maior tempo de fixação, maior número de fixações e maior número de visitas também nesta AOI. Já o GE visualiza primeiro a AOI 03 e tem maior tempo de fixação, maior número de fixação e maior número de visitas na AOI 01. Os dados da percentagem de fixação corroboram os dados das métricas analisadas vez que 89% dos participantes do grupo dos novatos, nos

instantes iniciais tem maior tempo de fixação na AOI 02. No grupo dos experientes 80% dos participantes nos instantes iniciais olham por mais tempo a AOI 01.

Com a finalidade de sinalizar o processo de atenção no monitoramento da tarefa durante a realização do experimento foi montada a Tabela 4 para análise descritiva e comparação entre o GN e GE no procedimento sem sinalização

TABELA 4 – Análise Descritiva e Comparação entre o GN e GE no Procedimento sem Sinalização

		GRUPO DOS NOVATOS		GRUPO DOS EXPERIENTES		<i>p</i> - valor
		Md*	dp*	Md	dp	
Tempo de Primeira Fixação	AOI01	1,57	6,87	1,91	2,75	0,36
	AOI02	0,26	3,85	0,47	11,46	0,04
	AOI03	1,06	3,85	2,53	9,72	0,98
	AOI04	6,39	17,60	18,99	18,57	0,60
Dwell Time	AOI01	16,49	13,35	13,86	12,24	0,60
	AOI02	11,49	11,64	6,60	6,07	0,33
	AOI03	17,21	9,99	13,64	11,15	0,73
	AOI04	6,91	6,88	4,56	4,83	0,28
Número Total de Fixações	AOI01	22,5	21,04	18	18,82	0,19
	AOI02	19	12,72	8	13,25	0,03
	AOI03	23,5	15,37	19,5	18,32	0,03
	AOI04	13	8,9	9	9,35	0,75
Número Total de Visitas	AOI01	7,5	7,40	7,0	7,87	0,18
	AOI02	11	7,12	6	7,61	0,02
	AOI03	10	6,01	8	9,87	0,24
	AOI04	7,5	4,90	3	4,88	0,74

*Nota: Md= Mediana e dp= desvio padrão. Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Os dados da Tabela 4 mostram a análise descritiva das variáveis investigadas, contudo, a avaliação da comparação entre os grupos mostram poucas diferenças significativas. Observa-se que embora as medianas variem entre os grupos, o teste de Mann Whitney mostra diferenças significativas apenas nas variáveis TPFAOI02 ($U = 52$; $p = 0,04$); na NFAOI02 ($U = 144,5$; $p = 0,03$); NFAOI03 ($U = 145,5$; $p = 0,03$) e na NVAOI02 ($U = 151$; $p = 0,02$).

Ao verificar os dados na Tabela 4 obtidos durante o experimento com o procedimento sem sinalização se pode constatar que ambos os grupos olham primeiro para a AOI 02. Porém, o GN tem tempo de resposta mais rápido, vez que efetuou a visualização no tempo de 0,26 s e o GE com 0,47 s. Vale ressaltar que para visualizar todas as AOIs, no procedimento sem sinalização, o GN utilizou 6,39 s e o GE conseguiu visualizar todas as AOIs no tempo de 18,99 s.

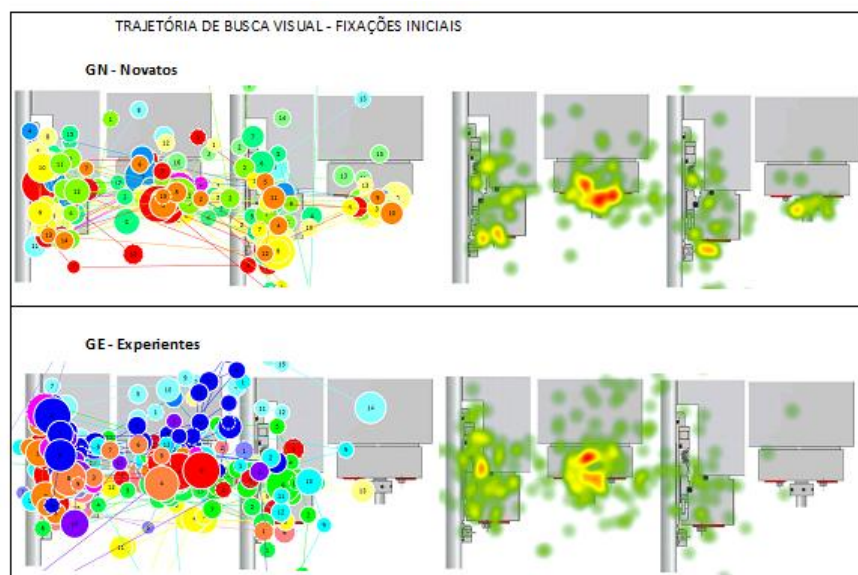
Na análise da métrica número de fixações (fixation count) as diferenças significativas aparecem em duas áreas de interesse: na AOI02 e na AOI 03. Ambos os grupos fixaram por mais vezes a AOI03. No entanto o GN efetuou 23,50 fixações e o GE 19,5 fixações. Já na AOI02 o GN fixou 19 vezes e o GE olhou esta mesma AOI 08 vezes.

Quanto ao número de visitas existe diferença significativa do número total de visitas na AOI02 onde o GN fez 11 visitas e o GE visitou 06 vezes esta mesma AOI. Vale destacar que o tempo médio total do teste com o procedimento sem sinalização do GN foi de 73,21 s e do GE foi de 70,40 s. Quanto ao número total de fixações efetuadas durante o teste o GN fez 78 fixações e o GE efetuou 54 fixações durante todo o teste no procedimento sem sinalização.

5.2 ANÁLISE DA TRAJETÓRIA DE BUSCA VISUAL ESPECÍFICA POR GRUPO GE E GN - PROCEDIMENTO SEM SINALIZAÇÃO

Os dados de análise da trajetória de busca visual foram investigados através da representação gráfica. A Figura 16 a seguir ilustra a trajetória de busca dos grupos, nas fixações iniciais, através do gazeplot e do heatmap.

Figura 16 – Trajetória de Busca do GN e do GE nas Fixações Iniciais no Procedimento sem Sinalização

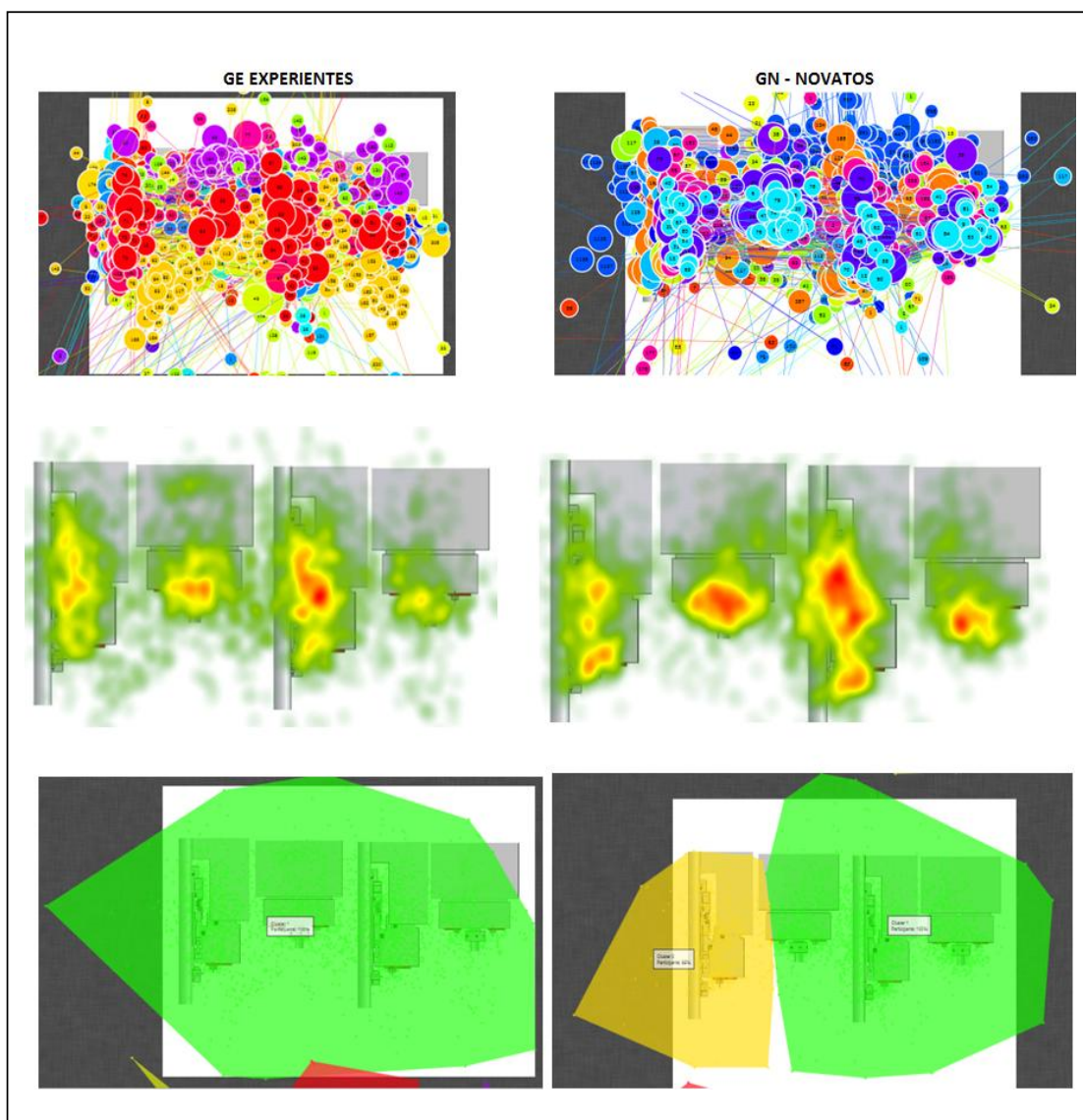


Fonte: Software Tobii Studio. Elaborado pela autora (2014).

Considerando, as fixações iniciais ao analisar a trajetória de busca visual dos grupos com o procedimento sem sinalização, em conjunto com as métricas pode se inferir que os participantes do GN possuem abordagens diferentes do GE nos padrões de busca visual. A primeira AOI que o GN visualiza é AOI 02 que também é a mesma onde o grupo busca por mais tempo as informações, tem maior número de fixações e também o maior número de visitas. Já o GE nos instantes iniciais, visualiza primeiro a AOI 03, porém, busca por mais tempo as informações, tem maior número de fixações e também o maior número de visitas na AOI 01.

Após a análise do teste nos instantes iniciais com a finalidade de demonstrar a trajetória de busca durante o teste com o procedimento sem sinalização foi montada a Figura 17 a seguir:

Figura 17 - Trajetória de Busca do GN e GE no Procedimento sem Sinalização



Fonte: Software Tobii Studio. Elaborado pela autora (2014).

O mapa de calor também mostrado na Figura 17 exibe as áreas na forma de imagem com diferentes tonalidades de cor. As áreas mais atraentes cores mais fortes (quentes) e áreas menos visualizadas cores menos intensas (frias). No resultado mostrado na Figura 17 pode se constatar visualmente as diferenças do acúmulo do número de fixações (gazeplot) de ambos os grupos. Ao observar os pontos quentes (cores fortes) com base no dwell time, na contagem de fixações e no número de visitas pode se verificar a diferença da trajetória de busca visual dos grupos.

Assim, observa-se através do heatmap que o GE apresenta a tonalidade de cor mais intensa na AOI 03. Já na visualização dos dados do GN, as maiores intensidades de cor são mostradas na AOI02 e AOI03. Estas representações gráficas vão ao encontro das diferenças significativas apontadas anteriormente pelo teste Mann Whitney (Tabela 4) vez que, há diferença significativa quanto ao número de fixações na AOI 02 e AOI 03 e quanto ao número de visitas na AOI 02.

A diferença da trajetória de busca visual dos grupos também pode ser verificada através do cluster, que ilustra as áreas de maior concentração de pontos de olhar registrados, mostrando através dos pontos aglomerados qual a área total que mais despertaram o interesse do GE e do GN durante o experimento.

5.3 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DA ATENÇÃO E TEMPO DE RESPOSTA DURANTE MONITORAMENTO DA TAREFA COM O PROCEDIMENTO SINALIZADO - GRUPO DOS EXPERIENTES E GRUPO DOS NOVATOS

Com a finalidade de sinalizar o processo de atenção e tempo de resposta no, obtido durante as fixações iniciais, primeiros 5 segundos nas AOIs específicas no procedimento sinalizado foi montada a Tabela 5 a seguir:

TABELA 5 – Interpretação das Fixações nos Primeiros 5 segundos

	TPF		DWELL TIME		FIXAÇÕES		VISITAS	
	AOI	Tempo	AOI	Tempo	AOI	Número	AOI	Número
GN	03	0,23 s	01	2,06 s	01	02	01	01
GE	02	0,24 s	01	1,76 s	01	03	01	01

*Nota: GE = Grupo dos Experientes GN= Grupo dos Novatos. Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Quanto à análise do processo de atenção e tempo de resposta, considerando as fixações iniciais, com exceção do tempo de primeira fixação, o resultado de ambos os grupos no procedimento sinalizado é bastante semelhante. O GN realiza a primeira fixação no tempo de 0,23 s na AOI 03 e o GE fixou primeiro a AOI 02 no tempo de 0,24 s. Todas as demais métricas de ambos os grupos são mensuradas na AOI 01. Ou seja, nos primeiros 5 segundos, tanto o GE quanto o GN têm maior

tempo de fixação, maior número de fixações e maior número de visitas na AOI 01. Os dados da percentagem de fixação corroboram os dados das métricas analisadas já que 79% dos participantes de cada grupo (GN e GE), nos primeiros 5 segundos, visualizam por mais tempo a AOI 01.

Para sinalizar o processo de atenção no monitoramento da tarefa durante a realização do experimento com o procedimento sinalizado, foi montada a Tabela 6 a seguir para análise descritiva e comparação entre o GN e GE.

TABELA 6 – Análise Descritiva e Comparação entre o GN e GE no Procedimento Sinalizado

		GRUPO DOS NOVATOS		GRUPO DOS EXPERIENTES		<i>p - valor</i>
		Md	dp	Md	dp	
Tempo de Primeira Fixação	AOI01	0,55	5,62	1,32	3,03	0,68
	AOI02	2,12	5,15	0,27	5,21	0,50
	AOI03	1,75	17,45	3,91	8,11	0,15
	AOI04	21,58	16,82	25,1	16,21	0,02
Dwell Time	AOI01	14,22	9,07	12,38	8,87	0,78
	AOI02	6,24	7,72	8,41	7,11	0,07
	AOI03	10,45	12,35	12,35	5,77	0,45
	AOI04	6,0	10,67	4,69	4,35	0,20
Número de Fixações	AOI01	8	7,59	15,0	10,64	0,49
	AOI02	8	6,59	14	8,93	0,04
	AOI03	7	6,29	17,5	13,39	0,44
	AOI04	6,5	5,11	5,5	7,16	0,47
Número de Visitas	AOI01	4	3,7	7,0	5,82	0,40
	AOI02	4,5	2,82	7,0	7,49	0,05
	AOI03	4,5	2,43	7,0	7,69	0,68
	AOI04	3	2,58	2,5	4,68	0,05

*Nota: Md= Mediana e dp= desvio padrão. Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Ao efetuar a análise descritiva das variáveis investigadas, conforme a Tabela 6, e avaliar a comparação os resultados entre os grupos, obtidos com o procedimento sinalizado pode se observar diferenças significativas apenas em duas variáveis: no tempo de primeira fixação (TPF) e no número de fixação (NF).

Desta forma, no procedimento sinalizado a diferença significativa apresentada na variável tempo de primeira fixação na AOI04. A outra diferença significativa é verificada no número de fixação na AOI02.

Ao analisar a métrica tempo de fixação (Dwell Time) ambos os grupos visualizaram por mais tempo a AOI 01. O GN com tempo total 14,22 s e o GE com tempo de 12,38 s.

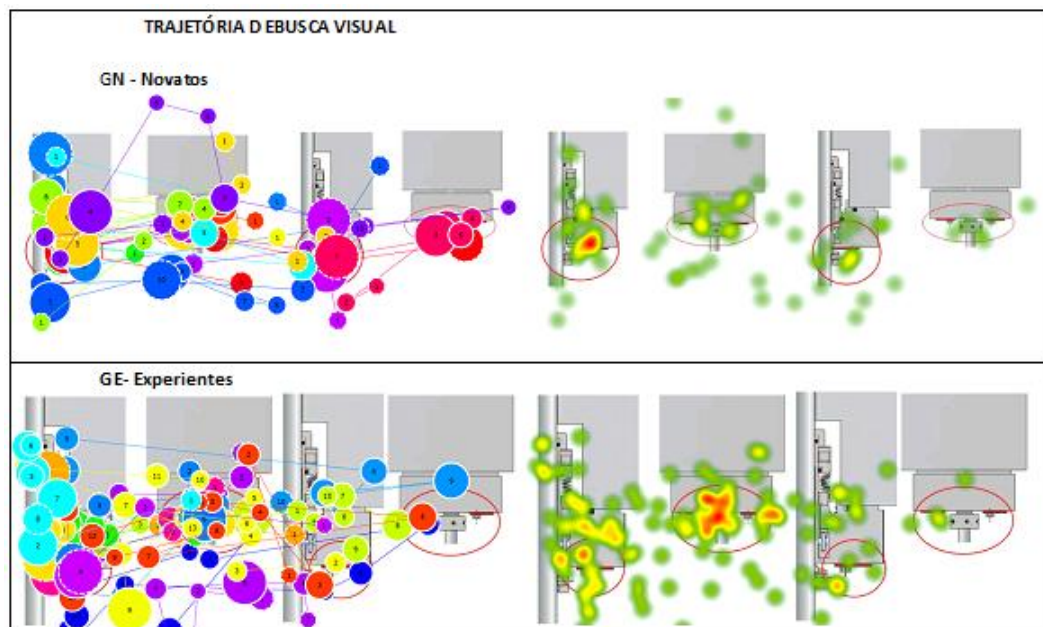
Na análise da variável número de fixações (Fixation Count) na AOI02 observa-se que no procedimento sinalizado o GE efetuou 14 fixações. Já o GN olhou a AOI02 08 vezes. Destaca-se que o tempo médio do teste com o procedimento sinalizado do GN foi de 51,11 s e do GE foi de 65,83 s. Quanto ao número total de fixações efetuadas durante o teste o GN fez 37,57 fixações e o GE efetuou 61,79 durante o experimento com o procedimento sinalizado.

Assim, no procedimento sinalizado observa-se na Tabela 6 que embora as medianas variem entre os grupos, o teste de Mann Whitney mostra diferenças significativas apenas nestas duas variáveis TPFAOI4 ($U = 129$; $p = 0,02$) e na NFAOI2 ($U = 309$; $p = 0,04$).

5.4 ANÁLISE DA TRAJETÓRIA DE BUSCA VISUAL ESPECÍFICA POR GRUPO GE E GN - PROCEDIMENTO SINALIZADO

A análise da trajetória de busca visual dos grupos no procedimento sinalizado foi baseada na progressão de busca observada por meio da representação gráfica do scanpath (caminho de varredura ou trajetória de busca). A Figura 18 a seguir ilustra a trajetória de busca dos grupos nas fixações iniciais no procedimento sinalizado.

Figura 18 – Trajetória de Busca do GN e do GE nas Fixações Iniciais no Procedimento Sinalizado



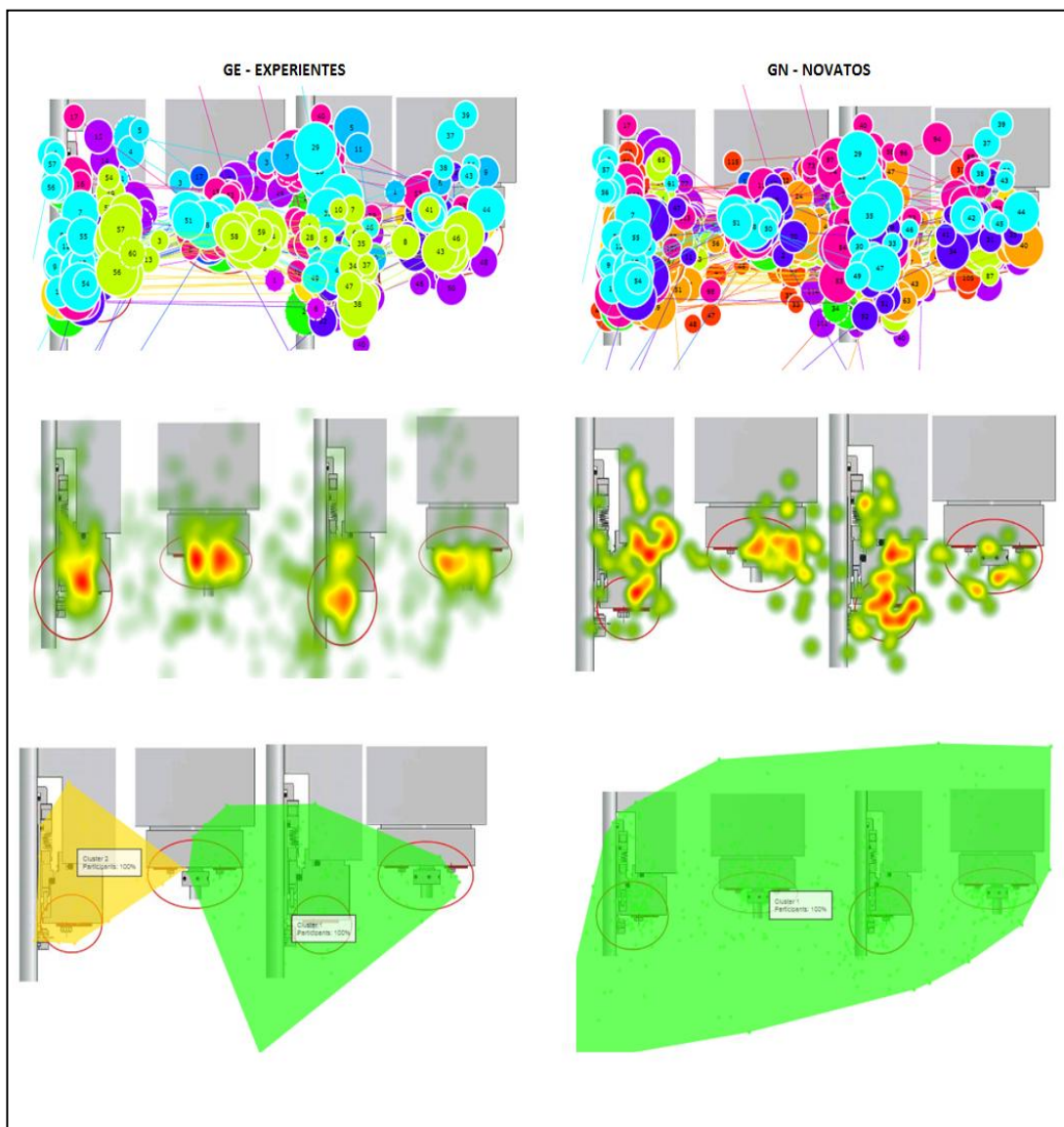
Fonte: Software Tobii Studio. Elaborado pela autora(2014).

Considerando as fixações iniciais, ao analisar a trajetória de busca visual dos grupos com o procedimento sinalizado, em conjunto com as métricas verifica-se que os participantes do GE e do GN possuem abordagem semelhante, pois, com exceção da métrica instantânea para a primeira fixação (GE na AOI 02 e GN na AOI 03) as demais métricas de ambos os grupos, são visualizadas na AOI 01.

Assim observar-se que há uma determinada convergência e homogeneidade na trajetória de busca visual vez que, os grupos buscam por mais tempo as informações, tem maior número de fixações e também o maior número de visitas na AOI 01. Neste sentido, na análise da trajetória de busca visual, nos primeiros 5 segundos, tanto o GE quanto o GN têm maior tempo de fixação, maior número de fixações e maior número de visitas na AOI 01. Os dados da percentagem de fixação corroboram os dados das métricas analisadas já que 79% dos participantes do grupo dos novatos e do grupo dos experientes, nos primeiros 5 segundos, no procedimento sinalizado, visualizam por mais tempo a AOI 01.

Para analisar a trajetória de busca obtida durante todo o experimento foi montada a Figura 19 a seguir com as representações gráficas.

Figura 19 - Trajetória de Busca do GN e do GE no Procedimento Sinalizado



Fonte: Software Tobii Studio. Elaborado pela autora (2014).

No que tange a análise da trajetória de busca visual dos grupos no procedimento sinalizado percebe-se que os dados gráficos visualizados através do heatmap de ambos os grupos se apresentam mais distribuídos. Observa-se na visualização que no GE há maior intensidade de cor na AOI01 e AOI02. Já o GN apresenta uma distribuição na intensidade de cor nas AOI 01 e AOI 02 e AOI 03. As diferenças de trajetória dos grupos também podem ser verificadas através do cluster, na diferença da área total visualizada pelo GE e pelo GN. A representação somente vem ilustrar por meio dos gráficos e corroboram as análises das métricas vez que, é na AOI01 e AOI 02 que o GE possui maior número de fixações e de visitas e o GN tem número

de fixações iguais na AOI 01 e na AOI 02 e também o número de visitas iguais na AOI 02 e AOI 03. Estas representações gráficas vão ao encontro das diferenças significativas apontadas anteriormente pelo teste Mann Whitney (Tabela 2) vez que, é na AOI 02 que há diferença significativa no número de fixações.

6 DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a discussão do trabalho. A discussão está dividida nos seguintes tópicos: análise da atenção, tempo de resposta e da trajetória de busca visual específica por grupo durante o monitoramento da tarefa com o procedimento sem sinalização e análise da atenção, tempo de resposta e da trajetória de busca visual específica por grupo durante o monitoramento da tarefa com o procedimento sinalizado.

6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS ENTRE OS GRUPOS COM O PROCEDIMENTO SEM SINALIZAÇÃO

Ao avaliar o processo de atenção e tempo de resposta no procedimento sem sinalização entre os grupos GE e GN considerando os primeiros 5 segundos, percebe-se que o GN responde de forma mais rápida, porém, nos instantes iniciais a visualiza a AOI02 (trava + colar). O GE nas fixações iniciais olha primeiramente a AOI03 (os elementos funcionais). Considerando a sequência de realização da tarefa, percebe-se que mesmo com tempo de resposta mais lento o GE consegue desenvolver sequencialmente a tarefa, ou seja, primeiro a montagem e instalação dos elementos funcionais e de vedação do selo (AOI03) e posteriormente, a realização do sistema de trava (AOI02).

Quanto ao processo da atenção dos grupos observa-se que há um tempo maior do GE no planejamento da ação (tempo maior de resposta), porém, com atenção na realização passo a passo da tarefa. Dito de outra forma o GN, tem tempo de resposta mais rápido, no entanto, omite um passo da tarefa vez que, não desenvolve a sequência de realização da tarefa de forma correta.

Vale destacar que além de não desenvolverem etapa sequencial da tarefa o GN ainda tem maior número de fixação. Este resultado é reforçado pelos estudos que abordam a diferença de percepção e interpretação de estímulos visuais entre participantes experientes e novatos. Com a utilização da tecnologia eye tracking. Barreto (2012) identificou que a maior frequência de fixação numa determinada área

pode ser indicativo de procura de informação, ou seja, um maior número de fixações, ou conjuntos de fixações, é muitas vezes um índice de maior incerteza no reconhecimento de um item de destino.

A relação entre a frequência de fixação (quantidade e tempo de fixação) e a procura de informação também foi constatado no estudo sobre leitura de palavras comuns e palavras menos comuns elaborado por Rayner (1998) com a tecnologia eye tracking. Na pesquisa ficou evidenciado que para palavras comuns o tempo e número de fixação são menores do que para as palavras menos comuns, sugerindo que quanto menor o número de fixações utilizadas mais eficientes é o processo de busca.

No estudo ora apresentado, ao avaliar o processo de atenção e tempo de resposta se pode inferir que quanto ao monitoramento da tarefa e a sistematização da ação, o GN responde de forma mais rápida, porém compromete o processo de atenção, vez que, além de ter maior tempo na busca (aumento do número de fixações) e na confirmação da informação (aumento do número de visitas) não obedece à ordem sequencial para a realização da tarefa. Vale destacar que, na AOI 02 o GN teve aumento de 83,33% de números de visitas comparado ao GE. As diferenças significativas (Tabela 4) no tempo de primeira fixação, do número de fixações e no número de visitas reforçam estes dados.

Quanto à trajetória de busca visual realizada pelos grupos, as representações gráficas ilustram e comunicam as diferenças. Os gráficos de Gazeplot, Heatmap e Cluster descrevem o que os participantes olham e qual o scanpath (caminho de varredura) de cada grupo. Assim, no procedimento sem sinalização, verifica-se que os grupos possuem abordagens diferentes nos padrões de busca visual vez que, o GN visualiza nos instantes iniciais a etapa do sistema de travamento do selo mecânico (AOI02) e o GE nas primeiras fixações buscam a área em que os elementos funcionais do sistema de selagem se posicionam (AOI03). Durante todo o teste no procedimento sem sinalização pode se constatar, através da intensidade de cor, as diferenças do padrão de busca visual entre os grupos. Ou seja, no scanpath (caminho de varredura) do grupo dos experientes, através do heatmap, observa-se a maior intensidade de cor na AOI03.

Já o caminho de trajetória visual do GN demonstra que as maiores intensidades de cores são obtidas não somente no sistema de trava e colar como também, nos

elementos funcionais. Porém, vale lembrar que as etapas de montagem e instalação do selo acompanha a ordem sequencial demonstrada através da AOIs. No entanto, percebe-se que é justamente na área da trava e do colar (AOI02), que é a etapa posterior à montagem dos elementos funcionais que o GN olha por mais vezes e necessita retornar para confirmar as informações. Ou seja, é na área do sistema de trava que ocorre o maior acúmulo do número de fixações e do número de visitas realizadas pelo grupo dos novatos.

De maneira geral, estes resultados vão ao encontro as pesquisas que identificam diferenças sobre as estratégias de busca visual entre participantes experientes e novatos (Jarodzka et al,2010; Haider e Frensch,1999 ; Kristjanson e Antes,1991; Charness et al, 2001) .

Desta forma, vale trazer as considerações do estudo de Haider e Frensch (1999), que destacam que com o aumento do tempo de experiência as pessoas aprendem a distinguir as informações relevantes das irrelevantes e, portanto, durante a realização de teste, concentrar-se no processamento de informação relevante. Vale também trazer os resultados de Antes e Kristjanson (1991) no estudo elaborado no domínio da arte com a utilização da tecnologia eye tracking. No estudo os autores identificaram que os artistas experientes tiveram maior densidade e números de fixação sobre aspectos importantes no experimento do que os não artistas.

6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS ENTRE OS GRUPOS COM O PROCEDIMENTO SINALIZADO

Ao analisar o processo de atenção e tempo de resposta, no procedimento sinalizado, o resultado de ambos os grupos é bastante semelhante. Com exceção do instante de primeira fixação, todas as demais métricas de ambos os grupos são mensuradas na área dos elementos funcionais do selo mecânico (AOI01). O resultado demonstra que tanto o GE quanto o GN realizam a visualização sequencial para montagem e instalação do selo mecânico. Ou seja, no procedimento sinalizado ambos os grupos através do mapeamento visual demonstram habilidade de uso dos recursos de atenção para cumprimento da tarefa.

Quanto ao tempo de resposta na realização do teste o GE atende mais rapidamente. Neste aspecto deve ser ressaltada a hipótese que tal atitude se deve a familiaridade do grupo com o procedimento. Considerando que o grupo dos experientes já utiliza este procedimento nas atividades e rotinas das atividades de manutenção e, por ter domínio das informações contidas neste tipo de procedimento. Neste sentido, vale trazer as considerações do estudo de Sternberg (2010) o qual ressalta que o processo de codificação e armazenagem das informações na memória passa pela atenção. O autor também destaca que as informações armazenadas repetidas e acessadas com certa frequência sobrevivem a um maior espaço de tempo. Assim, por possuir familiaridade com a tarefa, os executantes experientes conseguem acessar as informações relevantes obedecendo à ordem sequencial para a realização da tarefa.

Neste aspecto, pode-se inferir que o grupo do experiente durante a realização do experimento pode ter utilizado atalhos durante o processamento e execução da tarefa o que justificaria o tempo de resposta mais rápido em relação ao grupo dos novatos.

Este resultado vai ao encontro dos estudos de Boshuizen e Schmidt (1992) em pesquisas nas ciências da saúde, analisando os movimentos oculares, identificaram que por possuírem estruturas de conhecimento mais integradas os profissionais experientes tem a possibilidade de utilizar atalhos durante o processamento e realização de determinadas tarefas e ressaltaram que os padrões de percepção dos especialistas podem diferir devido a suas experiências anteriores, ou seja, a sua história de aprendizagem. E completam que, as diferenças na história de aprendizagem podem produzir diversas estratégias de percepção para os especialistas.

Outro dado que merece ser destacado nos resultados apresentados é que ao analisar o experimento observar-se que na etapa do sistema de trava (AOI02) há diferença significativa entre os grupos. Uma hipótese para esse resultado é o foco da atenção seletiva que o grupo dos experientes tem sobre o sistema de travamento do selo.

Vale lembrar que, em estudo anterior (Souza e Figueirôa, 2011) os experientes, que participaram das etapas de elaboração e validação do procedimento, assinalaram para a importância e necessidade da sinalização da trava e colar para auxiliar nesta etapa crítica de realização da tarefa. Destaca-se que a trava e colar são elementos de segurança que garantem a integridade da montagem e instalação do selo mecânico e pelo grande índice de recorrência de “lapso” onde o passo de desinstalação da trava (vinténs) era frequentemente esquecido pelos executantes durante a realização da tarefa, houve a solicitação para que esta etapa fosse sinalizada. Dito de outra forma, por terem mais habilidade no desempenho desta atividade, o grupo dos experientes aumentaram os recursos de atenção nesta área específica da realização da tarefa.

Ao avaliar a trajetória de busca visual realizadas pelos grupos no procedimento sinalizado pode-se observar que o scanpath (caminho de varredura) demonstra que há predominância da trajetória de ambos os grupos aderente à sinalização mostrada no procedimento. Ambos os grupos apresentam uma determinada recorrência e convergência na trajetória de busca visual (homogeneidade) com abordagens semelhantes, ou seja, o mapeamento visual realizado pelo GE e GN foi focado na sinalização.

No procedimento sinalizado verifica-se que os grupos possuem abordagens semelhantes nos padrões de busca visual vez que, ambos os grupos mapeiam sequencialmente as etapas de montagem e instalação do selo mecânico. Ou seja, no procedimento sinalizado o GN e o GE realizam o passo a passo da tarefa.

Durante todo o teste no procedimento sinalizado se observa que, através da intensidade de cor, mostradas graficamente no heatmap, ocorre uma distribuição homogênea do mapeamento visual aderente à sinalização. Vale destacar que, as representações somente vêm ilustrar por meio dos gráficos que a sinalização no procedimento influencia no processo de atenção e trajetória de busca do grupo dos novatos, vez que através da sinalização "guia" o GN consegue efetuar o mapeamento e acompanhar a ordem sequencial para realização da tarefa. Assim, o scanpath (caminho de varredura) de ambos os grupos no procedimento sinalizado acompanham o passo a passo para a montagem e instalação do selo: primeiro a

visualização dos elementos funcionais do sistema, e, posteriormente o mapeamento do sistema de trava.

Como sinalizado por Norman (1988), o comportamento humano se baseia na combinação de conhecimentos internos (memória), de informação e restrições externas. Esta afirmação estabelece que nem todo o conhecimento necessário para um comportamento preciso deve estar no homem, estes pode estar distribuídos, uma parte na mente, outra no mundo e outra nas restrições que lhe impõe o mundo e, é neste aspecto que os procedimentos se consolidam como um dos principais suportes no fornecimento de informações para execução de tarefas.

Diversos estudos com abordagem de fator humano mostram a importância e a necessidade de participação dos profissionais experientes atuantes diretamente nos sistemas, processos e tarefas como imprescindíveis não somente para a elaboração, mas, sobretudo para a validação de novas metodologias e procedimentos (Pimentel e Figueirôa, 2010; Carvalho et al,2007, Henriqson e Saurin , 2014).

De maneira em geral, neste estudo, pode se verificar que os profissionais experientes adotam estratégias com foco e atenção que denotam coerência na organização para realizar as tarefas e com as informações associadas a elas. Desta forma percebe-se que o conhecimento anterior, adquirido nas práticas de trabalho e nas rotinas da atividade influencia e facilita a capacidade do grupo no que diz respeito ao foco de atenção, a ordem sequencial da tarefa e conseqüentemente a garantia da qualidade na realização da atividade. Portanto, verifica-se que a atenção e a trajetória de busca visual dos participantes envolvimentos na realização da tarefa variam em função da familiaridade e experiência na execução da atividade.

Assim, como destacado no estudo sobre atenção visual de Charness et all (2001) um dos aspectos mais fascinante e impressionante no desempenho de determinadas atividades é a capacidade que tem o olhar experiente, de codificar a essência do estímulo ou da cena , de identificar e localizar as áreas mais relevantes, em que deve focar a atenção.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo objetivou verificar e analisar a existência de diferenças significativas entre o fenômeno da atenção e o tempo de resposta entre os executantes experientes e novatos durante a realização de tarefas críticas de manutenção industrial.

Os principais resultados mostraram que houve diferenças significativas quanto à atenção, tempo de resposta e trajetória de busca visual entre os grupos, especificamente, no procedimento sem sinalização.

Conclui-se que nas atividades de execução das tarefas críticas os procedimentos de manutenção, desenvolvidos para a melhoria do desempenho humano, são de fundamental importância para a execução e organização sequencial da tarefa nos sistemas produtivos complexos. Estes procedimentos desenhados a partir da experiência destes profissionais, capaz de traduzir a realidade da tarefa, pode servir de insumo para a capacitação e transferência da expertise para os executantes novatos vez que, retratam os requisitos e etapas para que o executante possa realizar a tarefa de modo a garantir não somente a qualidade do serviço, mas, sobretudo a redução de falhas.

Pode-se inferir que a sinalização proposta pelos executantes experientes durante a elaboração e validação do procedimento sinalizado pode interferir no processo de atenção e tempo de resposta bem como, na trajetória de busca visual dos executantes novatos. Ao verificar e analisar o efeito da sinalização no procedimento elaborado com foco em confiabilidade humana e desenhado a partir da experiência dos executantes das atividades críticas de manutenção se observa que ocorre aderência a marcação (sinalização) por ambos os grupos.

No teste com o procedimento sinalizado as representações gráficas mostraram, inclusive por parte do grupo dos novatos, a ocorrência de uma distribuição homogênea do mapeamento visual aderente à sinalização. A sinalização, em torno das informações mais relevantes, funcionou como estímulo para o sistema cognitivo selecionar e focar a atenção nestas áreas em detrimento de outros estímulos presentes na cena do teste. Ou seja, no procedimento sinalizado os resultados

demonstram que a marcação (sinalização) influencia no tempo de resposta, no processo de atenção e guiam a trajetória de busca visual dos grupos experientes e novatos.

Sabendo que os padrões e procedimentos que regulamentam as atividades de manutenção têm por finalidade atender e manter os critérios de disponibilidade dos equipamentos bem como, os de segurança operacional os resultados do presente estudo inferem que os procedimentos e padrões que contemplam as técnicas, metodologias e aspectos de confiabilidade humana contribuem para auxiliar na ordem sequencial de realização de tarefa críticas de manutenção industrial. Neste aspecto, além de interferir no processo de atenção, tempo de resposta e caminho de varredura, podem servir de suporte e apoio instrucional para os executantes novatos das atividades críticas de manutenção industrial.

Ademais não se pode perder de vista que o atributo experiência dos profissionais atuantes nas atividades de sistemas complexos é uma ferramenta valorativa e que pode ser abordada com a finalidade de facilitar a aquisição de habilidades / pericia para os executantes novatos. Os profissionais experientes atuantes nas atividades de manutenção são canais de informação que podem contribuir para soluções concretas nas atividades em que atuam, pois, possui papel fundamental para a execução, manutenção e garantia da qualidade de serviços neste segmento. Contudo, deve-se sempre ter cautela e monitorar o desempenho nas tarefas, inclusive dos experientes. Isso porque a frequência e a familiaridade podem tornar as atividades automatizadas causando vícios e comprometendo a garantia do desempenho na execução das tarefas.

Assim, considerando as implicações práticas dos resultados encontrados na pesquisa, as informações obtidas através de padrão de mapeamento visual dos executantes experientes podem ser utilizadas para fins de apoio instrucional bem como, em: suporte para elaboração de procedimentos e práticas de trabalho que contemplem a *expertise*; validação de procedimentos e treinamentos. Ou seja, os procedimentos desenhados a partir de exemplos práticos com base em evidências da percepção e participação dos executantes experientes podem ser uma via de acesso para a transmissão de informação e habilidades aos executantes novatos.

Em relação ao dispositivo eye tracking, pode-se assegurar que a utilização da tecnologia fornece a possibilidade de análises e avaliações que contribuíram para a realização do estudo e demonstra suas várias possibilidades de aplicações. Ao revelar as estratégias de busca visual dos executantes das atividades de manutenção, a tecnologia eye tracking se insere na possibilidade de promoção de disseminação de padrões de busca visual destes profissionais que atuam em sistemas complexos, executando tarefas críticas e vivenciando situações de riscos e, que podem ser capaz de servir de apoio instrucional para os profissionais novatos.

As pesquisas que se debruçam sobre a confiabilidade humana têm por objetivo gerenciar erros e melhorar a segurança com a finalidade não somente de evitar ações indesejáveis, mas, sobretudo garantir a melhoria do desempenho humano. Neste aspecto, há um forte potencial a ser explorado neste campo do conhecimento nos sistemas produtivos e este estudo se apresenta no sentido de fomentar, instigar e proporcionar o desdobramento de futuras pesquisas nesta importante área de conhecimento.

A pesquisa contribuiu para visibilizar a possibilidade da utilização dos procedimentos e padrões baseados em confiabilidade humana, como suporte ao apoio instrucional e auxílio no processo de aprendizagem dos profissionais novatos. Assim como, a utilização da tecnologia eye tracking enquanto metodologia promissora não somente para a validação de procedimentos, mas, sobretudo pela possibilidade de favorecer o aumento das habilidades de percepção, contribuindo para a melhoria do desempenho humano nos sistemas complexos. Mas, deve ser ressaltado que um leque de possibilidade se apresenta com o estudo ora mostrado, pois, ainda se faz necessário mais pesquisas que possam complementar e contribuir para a consolidação e ampliação das questões / os resultados aqui apresentados.

Por fim, no mundo industrial contemporâneo, os sistemas produtivos automatizados e complexos não devem perder de foco seu ator principal: a ação humana. Neste sentido, é através da implantação de uma visão sistêmica agregada a perspectiva interdisciplinar, que os estudos e ações sobre confiabilidade humana pode vislumbrar a possibilidade de implementação da conscientização de uma cultura

sem culpas cujo foco seja a melhoria do desempenho humano com garantia do sucesso operacional.

7.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Para finalizar, algumas limitações devem ser apontadas em relação a esse estudo. Sugere-se a realização de novos estudos, por meio da ampliação da amostra, aplicando – a em outros grupos do segmento do setor produtivo.

Como limitação deve ser apontada no estudo o não pareamento da faixa etária dos participantes da amostra. Além disso, várias pesquisas relacionam a dilatação da pupila do participante com o nível de carga cognitiva, com a complexidade e dificuldade de realizar a tarefa, porém neste estudo esta abordagem não foi contemplada;

7.2 ATIVIDADES FUTURAS

Os estudos seguintes previstos para a pesquisa devem contemplar:

A utilização de grupo controle - verificar qual o comportamento de outros grupos de executantes experientes, porém, que não utiliza o procedimento sinalizado nas atividades críticas de manutenção;

Desdobramento para estudos associados com outros recursos para a coleta dos dados como: estímulo sonoro, retrospectivas de auto relato, pensamento em voz alta (*thinkaloud protocolos*);

Em pesquisas futuras, seria interessante verificar se as condições reais das atividades realizadas em campo por ambos os grupos com a utilização do eye tracking móvel é capaz de fornecer ao executante novato melhor capacidade de perceber eventos anômalos e conseqüentemente, melhoria do desempenho nas atividades dos sistemas complexos.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira Regulamentadora NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade, 1994.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API Standard 682, “Pumps – Shaft Sealing Centrifugal and Rotary Pumps,” American Petroleum Institute, Washington D.C., Third Edition, 2004.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API 770: A manager’s guide to reducing human errors. Improving Human Performance in the Process Industries. Washington, DC., 2001.

ANDERS, G. Pilot’s attention allocation during approach and landing—eye- and head-tracking research in an A330 full flight simulator. *Journal Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*. Volume 34, Issue 4 , p. 455-470. 2012.

ANTES, R. KRISTJANSON, A.F. Discriminating artists from nonartists by their eye-fixation patterns. *Perceptual and Motor Skills*, v.73, pp. 893–894. Publimed, 1991.

BARRA, Claudia M. Cabral Moro. Interdisciplinaridade: desafios para pesquisa e publicação. *Fisioter. mov.*, Curitiba , v. 26, n. 4, Dec. 2013.

BARRETO, Ana Margarida. Eye tracking como método de investigação aplicado às ciências da comunicação. *Revista Comunicando*, v.1, n.1, Dezembro, 2012.

BORGES, L. A. E; SOUZA GOMES, L. C. Controle de Perturbações com Ênfase em Falhas Humanas. Itaipu – PR. 2000. Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Std 493-1991), IEEE, Piscataway, NJ. 1991.

BOSHUIZEN, H. P. A., & SCHMIDT, H. G. On the role of biomedical knowledge in clinical reasoning by experts, intermediates, and novices. *Cognitive Science*, V. 16, p. 153 -184. 1992.

BOUYER, Gilbert Cardoso, SZNELWAR, Laerte Idal. Análise cognitiva do processo de trabalho em sistemas complexos de operações. *Revista Ciência e Cognição*. Vol 04, p.02-24. 2005.

BRANDÃO, Marcus Lira. As bases biológicas do comportamento: Introdução à Neurociência. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 223p, 2004.

CALIXTO, G. LIMA; FIRMINO, P. Comparing SLIM, SPAR-H and Bayesian Network Methodologies. *Open Journal of Safety Science and Technology*, Vol. 3 No. 2, pp. 31-41, 2013.

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Documento de Área Interdisciplinar, 2013.

CARVALHO, P. V. R. ; SANTOS, I. L. ; GOMES, J. O. ; Borges M R S ; GUERLAIN, S. . Human Factors Approach for Evaluation and Redesign of Human -System Interfaces of a Nuclear Power Plant Simulator. *Displays*, V.29, Issue 3, p.273-284, 2008.

CHARNES, N. REINGOLD , E.M., POMPLUN M., STAMPE,D.M. The perceptual aspect of skilled performance in chess: evidence from eye movements. *Memory and Cognition*, V. 29, p. 1146–1152. 2001.

CNI - SONDAGEM ESPECIAL DA CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, Ano 5, Nº.3 - setembro de 2007.

COLENGHI, Vitor Mature. O&M e Qualidade Total: uma integração perfeita. 3ed. Uberaba: Ed.V.M., 2007.

DREWES, H., & SCHMIDT, A. Interacting with the computer using gaze gestures. Paper presented at the INTERACT'07 Proceedings of the 11th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction, Rio de Janeiro, Brasil, 2007. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/>> Acesso em dezembro, 2012.

DROGUETT, Enrique L.; MENÊZES, Regilda da C. S. Análise da Confiabilidade Humana via Redes Bayesianas: uma aplicação à manutenção de linhas de transmissão. *Revista Produção*, v. 17, n. 1, p. 162-185, Jan./Abr. 2007.

DUCHOWSKI, Andrew. A breadth-first survey of eye-tracking applications. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 2002. Clemson University, Clemson, South Carolina. Disponível em <http://apps.usd.edu/coglab/schieber/docs/Duchowski2000.pdf>. Acesso em janeiro 2013.

DUCHOWSKI, Andrew. *Eye tracking methodology: theory and practice*. Springer, 2007 , 328 páginas.

DUCHOWSKI, A. T., MEDLIN, E., GRAMOPADHYE, A., MELLOY, B., & NAIR, S. Binocular eye tracking in VR for visual inspection training. In *Virtual reality software& technology (VRST)*. New York, ACM Press. 2001.

EMBREY, D. Preventing Human Error: Developing a Consensus Led Safety Culture based on Best Practice. Human Reliability Associates Ltd. 2000. Disponível em: <http://www.humanreliability.com/articles/Consensus%20based%20Approach%20%20Risk%20MANagement.pdf>. Acesso em dezembro 2009.

ETGES, N.J. *Produção do conhecimento e interdisciplinaridade*. Educação e Realidade. V.18, n. 2, p. 73-82, Porto Alegre: Fac. Educ./UFRGS. 1993.

FEDERAL AVIATION ASSOCIATION (FAA). . The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS. 2000. Disponível em: https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_documents/humanfactors_classAnly.pdf. Acesso em outubro de 2012.

FEDERAL AVIATION ASSOCIATION (FAA). FAA Research 1989 - 2002/Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection/ Human Factors Guide for Aviation Maintenance. Publicação do Human Factors on Aviation Maintenance and Inspection (HFAMI), web site. 2008. Disponível em: <http://www.hf.faa.gov/hfguide/index.html>. Acesso em outubro de 2012.

FRENCH, Simon. Human Reliability Analysis: A Review and Critique. Manchester Business School, Paper nº 589. 2010.

GASPARINI, A. C. F. et al. CIPA – Curso de Treinamento. Coleção SESI, 20ª edição. São Paulo: SESI, 1990.

GOMEZ-VALADES, Juan M. et al . Estrategias de búsqueda visual en conductores expertos y noveles durante la visualización de escenas de tráfico. Anal. Psicol., Murcia, v. 29, n. 1, enero 2013.

HAIDER, P.A. FRENCH. Eye movement during skill acquisition: more evidence for the information-reduction hypothesis, Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. Vol. 25, Issue, 1, pp. 172–190, 1999.

HENRIQSON, Éder et al. Consciência situacional, Tomada de decisão e Modos de Controle cognitivo complexos in Ambientes. Revista Production. São Paulo, v 19, 2009.

HENRIQSON, Eder; SAURIN, Tarcisio Abreu. Análise do campo conceitual da engenharia de sistemas cognitivos e proposta de uma nova agenda de pesquisa. Production., São Paulo , v. 24, n. 2, 2014.

HOLLNAGEL, E. Human Reliability Analysis: Context and Control. Academic Press: London, 1993.

HOLLNAGEL E. Understanding accidents - from root causes to performance variability, Human Factors and Power Plants, 2002. Proceedings of the 2002 IEEE 7th Conference on, p. 1-6, 2002. Disponível em : http://www.ieeeexplore.us/search/searchresult.jsp?searchWithin%3DSearch_Index_Terms%3A.QT.Industrial+accidents.QT.&searchWithin=hollnagel&pageNumber=1&resultAction=. Acesso em março de 2013.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D. Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering. Boca Raton, FL, United States: Taylor & Francis /CRC, 2005.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO) – Fundamental Human Factors Concepts, 2002. Disponível em www.caa.co.uk. Acesso em 20/janeiro/2013.

JARODZKA, Halszka, SCHEITER, Katharina, GERJETS, Peters, VAN GOG, Tamara. In the eyes of the beholder: How experts and novices interpret dynamic stimuli. *Journal Learning and Instruction*, V. 20, Issue,2, p. 146-154, Pergamon, 2010.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. *Manutenção Função Estratégica*. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2005.

LAND, M. E. & FURNEAUX, S. The knowledge base of the oculomotor system. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Journal The Royal Society* , Vol. 03. p. 372- 422. 1997.

LESSA, S. E. Falha Humana em Operação e Manutenção de Subestações Elétricas. 19º Congresso Brasileiro de Manutenção – Associação Brasileira de Manutenção. Aracaju- SE. 2004. Anais. Sergipe: ABRAMAN, 2004. 1 CD-ROM.

LIMA, Epaminondas Pio C. *Mecânica das Bombas*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2003.

LLORY, M. *Acidentes Industriais: O Custo do Silêncio – Operadores Privados da Palavra e Executivos que não Podem ser Encontrados*. MultMais Editorial , Rio de Janeiro, 1999.

MAIDA, F.G. *A Confiabilidade Humana em Unidades de Processamento de Refinarias de Petróleo*. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996. Disponível em:<http://www.coppe.ufrj.br/coppetroleo/temporario/teses2>. Acesso em julho.2012.

MEGAW, E. D., & RICHARDSON, J. Eye movements and industrial inspection. *Applied Ergonomics*. Volume 10, Issue 3, p. 145–154. 1979.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). *Inspeção do Trabalho* (on line). Disponível em: <http://www.mte.gov.br>. Acesso em maio de 2013.

MITCHELL, J.K. *The long road to recovery: community responses to industrial disaster*. New York: United Nations University Press, 1996.

NASSAR, Wilson Roberto; DIAS, Siméia Mendes. *Evolução da Manutenção Planejada na Cosipa*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO, 23, 2009, Sergipe. Anais.... Sergipe: ABRAMAN, 2009. 1 CD-ROM.

NORMAN,D.A. *The Design of Everyday Things*, New York, 1988.

NUREG-0985, “U.S. Nuclear Regulatory Commission Human Factors Program Plan,” U.S. Nuclear Regulatory Commission, August 1983, (Rev. 1) September 1984, (Rev. 2) April 1986. disponível em: <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0933/reference/0651.html>.

OLIVEIRA, J. C. de. Segurança e saúde no trabalho: uma questão mal compreendida. São Paulo Perspectiva., São Paulo , v. 17, n. 2, Junho 2003..

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO - OIT. La Prevención de las enfermedades Profesionales. Dia mundial da Segurança e saúde no trabalho.2013.[online] [acesso em 16 jan 2014]. Disponível em: http://www.oitbrasil.org.br/sites/default/files/topic/gender/doc/dia282013b_1007.pdf.

OTTATI,W. L., HICKOX, J. C., & RICHTER, J. Eye scan patterns of experienced and novice pilots during visual flight rules (VFR) navigation. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society,43rd annual meeting (pp. 66-70). Santa Monica, CA.1999. Disponível em: <http://pro.sagepub.com/content/43/1/66.full.pdf+html>. Acesso em julho de 2014.

PALLEROSI, C.A. MAZZOLINI, Beatriz P. M; MAZZOLINI, LUIZ R. Confiabilidade humana: conceitos, análise, avaliações e desafios. ALL PRINT Editora, 1ª ed., São Paulo, 2011.

PARASURAMAN, Raja T. B. Sheridan, and C. D. Wickens, "A model for types and level of human interaction with automation," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and human, vol. 30, pp. 286- 297, 2000. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?newsearch=true&queryText=PARASURAMAN%2C+Raja+T.+B.+Sheridan%2C+and+C.+D.+Wickens%2C+%E2%80%99CA+model+for> . Acesso em maio de 2013.

PEDRASSANI, E. L. Método para Registro, Controle e Análise de Falhas Humanas na Manutenção de Centrais Elétricas. XVI Seminário Nacional de Produção de Energia Elétrica. Campinas-SP, Outubro-2001.

PERROW, C. Normal Accidents. New Jersey: Princeton University Press- E-books; 1999.

PIMENTEL, Cesar, FIGUEIRÔA, Celso, Confiabilidade humana aplicada ao reparo de bombas centrífugas, ABRAMAN, Recife, 2009. 1 CD ROOM.

RASMUSSEN, J. Human Errors: taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. Journal of Occupational Accidents, v.4,p.311-33.1982.

RATWANI, R.M. ; MCCURRY, J.M. ; TRAFTON, J.G. Single Operator, Multiple Robots: An Eye Movement Based Theoretic Model of Operator Situation Awareness. Published in: Human-Robot Interaction (HRI), 2010. 5th ACM/IEEE International Conference.

RAYNER, Keith. Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research. Psychological Bulletin . Vol. 124, No. 3, p. 372-422, 1998.

REASON, J. Human Error. Cambridge University Press, Cambridge, 1990, 5a ed. 1997.

REASON, J., Alan Hobbs. Management Human Error, A Pratical Guide. Ashgate Publishin Company, Hampshire –En, 1a ed, 2003. Disponível em <http://www.ashgate.com/isbn/9780754615910>. Acesso em novembro/2012.

REASON, J., Managing the Risks Organizational Accidents, Ashgate Press, 1997.

RHODES, Philip. Eye – tracking: as interações inconscientes do usuário. 2009. Disponível em <http://www.escriitoriodigital.net/blog/>. Acesso em 02/03/11.

SCHNEIDER, D. D. G., PARENTE, M. A. M. P. O Desempenho de Adultos Jovens e Idosos na *Iowa Gambling Task* (IGT): Um Estudo sobre a Tomada de Decisão. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prc/v19n3/a13v19n3> (2006). Acesso em junho de 2013.

SENSOMOTORIC Instruments GmbH – iView X System – SMI - Manual Fabricante Version 2.4 December 2009.

SCIELO - SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE - WWW.SCIELO.BR.

SOUZA, Marinilda L. e FIGUEIRÔA. Celso L.S. F. Confiabilidade humana: A Importância da gestão visual nos procedimentos de Manutenção. XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO: Belo Horizonte, MG, Brasil, outubro de 2011. ABEPRO/ICEO, 2011. 1 CD-ROM.

STERNBERG, Robert J. Psicologia Cognitiva, 5ª Edição, Cengage Learning, São Paulo, SP, 2010.

SWAIN E GUTTMANN (1983), Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications. NUREG/CR- 1278. r the United States Department of Energy. California, 1983. Disponível em. <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0712/ML071210299.pdf>. Acesso em setembro/2012.

TOBII, Sistema X2 - Manual Fabricante Version 1.0 Janeiro / 2013.

VILELA, Rodolfo Andrade de Gouveia; ALMEIDA, Ildeberto Muniz; VEZZA, Flora Maria Gomide. A investigação de acidentes industriais: uma entrevista com Michel Lllory. Saude soc., São Paulo, v. 22, n. 1, Mar. 2013 .

VILLEMEUR, Alain. Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment. Vol. 2, J. Wiley, 1992.

WANG, M.-J. J., LIN, S.-C., & DRURY, C. G. Training for strategy in visual search. International Journal of Industrial Ergonomics, Volume 20, Issue 2, p. 101–108, 1997.

ZAIONS, Douglas Roberto; CONSOLIDAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UMA PLANTA DE CELULOSE E PAPEL. 219f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia; Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3297/000385443.pdf?. Acesso em 26/05/2012.

APÊNDICE 1- QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL****QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA**

Prezado Participante,

Solicito gentilmente o preenchimento dos dados abaixo para que seja possível a caracterização da amostra.

1. Identificação do participante (código) _____
2. Idade:_____
3. Sexo:_____
4. Nível Educacional:_____
5. Profissão:_____
6. Função: _____
7. Tempo de Exercício na Profissão:_____
8. Tempo de atuação na Atividade:_____
9. Regime de trabalho (turno diurno ou noturno): _____
- 10.Carga Horária Semanal:_____

ANEXO A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido- TCLE**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSO
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Eu..... autorizo minha participação no projeto de pesquisa intitulado **ATENÇÃO E TOMADA DE DECISÃO EM TAREFAS CRÍTICAS DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CONFIABILIDADE HUMANA COM A TECNOLOGIA EYE TRACKING**, sob responsabilidade da consultora e pesquisadora Marinilda Lima Souza, RG 2.714.437 SSP BA, vinculada como aluna do mestrado GETEC da Faculdade SENAI CIMATEC, sob orientação da Profa. Dra. Camila de Sousa Pereira Guizzo e coorientação do Prof. Dr. Alex Álisson Bandeira Santos.

Declaro que fui informado(a) que o objetivo geral deste estudo é analisar e comparar a tomada de decisão dos executantes experientes e novatos durante realização de tarefas críticas de manutenção.

Fui informado(a) que a comparação dos resultados entre experientes e novatos servirá como retroalimentação e levantamento de necessidades para capacitação profissional e melhoria do desempenho na execução da atividade. Como benefícios diretos aos participantes da pesquisa os resultados servirão de insumos para a capacitação profissional deles e melhoria da qualidade do serviço de manutenção que eles executam.

Fui informado (a) de que estarei participando de experimento com a utilização do Eye Tracking - Rastreador ocular , a ser realizado no Laboratório de Manutenção Industrial pertencente ao SENAI CIMATEC em Salvador - Bahia. Nesse sentido, vale lembrar que a presente pesquisa não tem relação direta com a empresa dos participantes, embora os resultados possam resultar em benefícios indiretos para organizações por meio da capacitação de profissionais.

Fui informado (a) que o dispositivo eye tracking que será utilizado foi importado da Tobii Technology com número de registro TTA002612 e Licença de Uso: G5FWC-83QCC-6E2DY-2AC PQ. O eye tracking é seguro para realizar testes com seres humanos e que a participação na pesquisa não ocorrerão riscos ou danos físicos, visual, moral, intelectual, social, cultural, psicológico, espiritual, financeiro nem profissional aos participantes na pesquisa.

Fui informado (a) que a pesquisadora executará com competência ética e profissional o projeto proposto e acompanhará todo o procedimento de coleta de dados e com a finalidade de preservar os riscos de imagem e os dados coletados dos participantes durante o teste, os dados serão identificados com código do participante.

Fui informado(a) que os resultados serão encaminhados para publicação em revistas especializadas e apresentações em eventos científicos com o propósito de contribuir para o desenvolvimento da ciência e da sociedade. Contudo, fica firmada a

garantia de sigilo das informações que possam identificar os participantes, assegurando o anonimato a eles. Os dados coletados nesta pesquisa serão divulgados única e exclusivamente para fins acadêmico-científico.

A pesquisadora garantiu que acompanhará todo o desenvolvimento da pesquisa e estará à disposição para qualquer esclarecimento adicional, que se fizer necessário, antes, durante ou depois da realização da pesquisa, deixando para contato, telefone, e e-mail (Telefone: 71 9963-0462, e-mail: aminan06@yahoo.com.br. Caso ocorra algum dano diretamente relacionado com a participação na pesquisa, os pesquisadores envolvidos se responsabilizam pelos reparos.

Fui informado(a) que este termo de consentimento é emitido em duas vias, para que eu possa ficar com uma via e a pesquisadora com a outra.

A pesquisadora esclareceu que, se eu desejar, posso cancelar a presente autorização, sem qualquer tipo de prejuízo sobre mim.

Estou ciente de que a participação neste projeto é livre e voluntária, assino abaixo confirmando a autorização solicitada.

_____, ____ de _____ de 20__.

Assinatura do Participante

Marinilda Lima Souza
Pesquisadora Responsável


ANEXO B - TOBII, 2013 – Manual TOBII X2 – Product Description

Appendix C: Compliance Information and Warnings

 All Tobii X2 Eye Trackers are CE-marked, indicating compliance with the essential health and safety requirements set out in European Directives.

C:1 FCC Statement

This device complies with Part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) this device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

 Modifications not expressly approved by Tobii could void the user's authority to operate the equipment under FCC rules.

This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications.

However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into a wall outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or experienced radio/TV technician for assistance.

C:2 Industry Canada Statement

This Class B digital apparatus complies with Canadian ICES-003.

Cet appareil numérique de la classe B est conforme à la norme NMB-003 du Canada.

C:3 Standards

The Tobii X2 Eye Trackers complies with the following standards:

- IEC/EN62471, Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems
- EMC Emission: EN61000-6-3:2001 including EN55022:1998/A1/A2 Class B, FCC part 15, Class B
- EMC Immunity: EN61000-6-1:2007
- FCC part 15, Class B