



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

THIAGO JOSÉ CAVALCANTI DA SILVA LIMA

IMPORTÂNCIA DO PENSAMENTO SISTEMÁTICO NA REVISÃO E
ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTOS

Recife

2019

THIAGO JOSÉ CAVALCANTI DA SILVA LIMA

IMPORTÂNCIA DO PENSAMENTO SISTEMÁTICO NA REVISÃO E ELABORAÇÃO
DE PROCEDIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte, PhD

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

- L732i Lima, Thiago José Cavalcanti da Silva.
 Importância do pensamento sistemático na revisão e elaboração de
procedimentos / Thiago José Cavalcanti da Silva Lima. – 2019.
 105 folhas, il., gráfs., tabs.
- Orientadora: Profa. Dra. Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte.
- TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Mecânica, 2019.
 Inclui Referências.
1. Engenharia Mecânica. 2. Procedimento. 3. Análise de segurança da
tarefa. 4. Pensamento sistemático. I. Duarte, Dayse Cavalcanti de Lemos.
(Orientadora). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-465

THIAGO JOSÉ CAVALCANTI DA SILVA LIMA

IMPORTÂNCIA DO PENSAMENTO SISTEMÁTICO NA REVISÃO E ELABORAÇÃO
DE PROCEDIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 04 / 12 / 2019.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Tiago Ancelmo de Carvalho Pires de Oliveira
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Marcus Costa de Araújo
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico meu trabalho e todo meu esmero ao meu pai, Antônio José, minha mãe, Sandra Helena, minha avó, Maria Helena, meu companheiro Enock Cavalcanti e todos os meus familiares que me apoiam e são os pilares que me sustentam todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a Deus e a toda espiritualidade boa e amiga, que me inspirou durante todo o trabalho e na minha jornada acadêmica. Logo depois, a minha família que é minha base de aprendizado e de onde guardo minhas lições de resiliência. Sem essa estrutura, eu não seria capaz de fazer nada em minha vida.

A minha orientadora, Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte, PhD, por ter me apoiado, me orientado e sempre exigido o melhor de mim durante todo o trabalho. Sua amizade durante minha jornada acadêmica e os aprendizados científicos e de vida que pude absorver com seu conhecimento e experiências são fundamentais para o profissional que estou me tornando.

Ao meu pai, Antônio José da Silva, meu maior exemplo de superação e honestidade, a quem devo o primeiro incentivo para buscar novos horizontes e até hoje ajuda no meu desenvolvimento.

A minha mãe, Sandra Helena Cavalcanti da Silva, aquela que plantou em mim o gosto pelo estudo e pelo desenvolvimento da leitura, sempre enfatizando que era a única coisa que poderia deixar para mim.

A minha avó, Maria Helena Cavalcanti da Silva, que me ensinou a sonhar dando bom dia aos pássaros e vendo desenhos nas nuvens. Sem sua contribuição na minha infância, eu não saberia voar.

Ao meu tio, Hugo Vandrê Cavalcanti da Silva, por ter cedido sua casa e aberto um espaço da sua vida para que eu pudesse estudar durante meu primeiro ano em Recife.

Ao meu companheiro, Enock Ramos do Nascimento Cavalcanti, por ter aparecido na hora certa em minha vida, me fazendo enxergar novamente um futuro a dois e me acompanhado durante todo o trabalho, ajudando ao dar opiniões e compartilhando os momentos de insegurança e ansiedade, tornando as coisas mais leves.

A todos os meus amigos, sem vocês eu não seria quem sou e não teria a coragem de encarar o mundo. Em especial, agradeço a Carlos Fabrício e Lynick Jones, pela ajuda com as formatações do trabalho, a Juliana Borges, Gessyca Medeiros e Eduarda Silva, por serem amigas de todas as horas. E a todos os meus outros amigos: Jefferson Miguel, Luís Felipe, Louise Lopes, Raiza Melo, Tammy Lopes, Alice Moraes, Luís Santiago, Isabela Andrade, Érico Veríssimo, Lucas Sales, Juliana Ribeiro, Bruna Alves e todos aqueles que fazem parte da minha vida até hoje. A todos os que torceram pela minha vitória e mandaram energias positivas, apoiando minha chegada até aqui.

Não se trata, pois, de aprender pensamentos, mas
sim de aprender a pensar.

(KANT, 1765)

RESUMO

O ser humano é regido por rotinas: acordar, tomar banho, tomar café, escovar os dentes, trabalhar, estudar, jantar entre outras. Desde a sua infância, o homem é treinado nas tarefas diárias e ensinado a cumpri-las conforme um procedimento. Desde a revolução industrial, com a modificação dos meios de produção, tornou-se necessário padronizar as tarefas, inicialmente com o objetivo de aumentar a produtividade. Poucos anos depois, iniciam os estudos sobre a importância dos procedimentos para a segurança do operador que os realiza, surgindo várias ferramentas de elaboração e revisão de procedimentos, entre elas a Análise de Segurança da Tarefa (AST), que surgiu no ambiente metalúrgico. Contudo, a avaliação realizada pela AST é baseada, predominantemente, na experiência da equipe de trabalho e nos históricos de acidente, variáveis que não garantem os três pressupostos da sistematização (simplicidade, estabilidade e objetividade), sendo uma provável causa para o número de acidentes correlacionados a erros na elaboração e revisão dos procedimentos em geral. O objetivo deste trabalho é dar simplicidade, estabilidade e objetividade à revisão e elaboração dos procedimentos, com intenção de contribuir para que o operador realize suas tarefas de forma segura e confiável. Para isso, a Análise de Segurança da Tarefa é estruturada de forma sistemática, partindo da identificação do sistema de estudo processo (uma galvanização de arames de uma metalúrgica), do entendimento do processo através do diagrama de blocos funcionais (DBF), identificação do equipamento crítico através da Análise Hierárquica do Processo (AHP), identificação e avaliação das etapas do procedimento associado ao equipamento crítico através da Análise de Hierarquização da Tarefa (AHT) e da Análise de Segurança da Tarefa (AST) e identificação dos fatores de desempenho que afetam a realização do procedimento. O procedimento antes da revisão apresentava falta dos três pressupostos da análise sistemática (conforme entendido neste estudo) além de não ter nenhuma recomendação de desempenho. Após a revisão, o novo procedimento preenche as lacunas da análise sistemática (conforme entendida neste estudo) e propõe recomendações de segurança, trazendo maior robustez ao procedimento e contribuindo para que o operador realize as atividades de forma segura e confiável.

Palavras-chave: Procedimento. Análise de segurança da tarefa. Pensamento sistemático.

ABSTRACT

The human being is ruled by routines: wake up, take shower, take breakfast, brush the teeth, work, study, take dinner and others. Since childhood, the man is trained and taught to do daily jobs, accomplishing it by following a procedure. Since the industrial revolution, through modifications of the means of production, became necessary the standardization of the job, at first objectifying the productivity's increase. A few years after, the studies about the importance of the procedures for the operator security begin, appearing a lot of tools for procedure's elaboration and revision, between them the Job Safety Analysis (JSA), that emerge at the metallurgical environment. However, the evaluation performed by the JSA is based, overwhelmingly, on the experience of the work team and the accident record, variables that don't assure the three presumptions of the systematization (simplicity, stability, objectivity), being a probable cause for the number of accidents correlated to errors at the elaboration and revision of the procedures in general. The objective of this work is to give simplicity, stability and objectivity to the procedure's revision and elaboration, at the intention to contribute with the realization of the operator's tasks in a secure and trustworthy way. For that, the Job Safety Analysis is structured in a systematic method, from the identification of the study system (a wire galvanizing of a metallurgic), to the understanding of the process through the Functional Block Diagram (FBD), identification of the critic equipment through the Analytic Hierarchy Process (AHP), identification and evaluation of the levels of the procedure associated with the critic equipment through the Job Hierarchy Analysis (JHA) and the Job Safety Analysis (JSA) and identification of the performance factors that affect the procedure's realization. The procedure before the revision showed lack of the three systematic analysis' presumptions (as understood in this study) as well as not having any performance recommendation. After the revision, the new procedure meets the requirements of the systematic analysis (as understood in this study) and suggest performance recommendations, bringing more reliability to the procedure and contributing for the activities secure and reliable realization by the operator.

Keywords: Procedure. Job safety analysis. Systematic thought.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia de trabalho	31
Figura 2 – Diagrama de blocos resumido	32
Figura 3 – Diagrama de blocos expandido	33
Figura 4 – Modelo esquemático da AHP	35
Figura 5 – Matriz de comparação dos critérios	36
Figura 6 – Diagrama dos critérios com pesos	38
Figura 7 – Matriz de comparação das alternativas	39
Figura 8 – Diagramas dos critérios e alternativas com pesos.....	40
Figura 9 – Matrizes de resultados AHP	41
Figura 10 – Início e final do procedimento	42
Figura 11 – Divisão esquemática do procedimento	43
Figura 12 – Diagrama de blocos resumido galvanização	47
Figura 13 – Correlações do diagrama de blocos	48
Figura 14 – Diagrama de blocos A1	49
Figura 15 – Diagrama de blocos A2	49
Figura 16 – Diagrama de blocos A3.....	50
Figura 17 – Diagrama de blocos A4.....	51
Figura 18 – Diagrama de blocos A5.....	51
Figura 19 – Diagrama de blocos A6.....	52
Figura 20 – Diagrama de blocos A7	53
Figura 21 – Diagrama de blocos A8.....	54
Figura 22 – Diagrama esquemático AHP da galvanização	55
Figura 23 – Matriz dos pesos – critérios	56
Figura 24 – Fluxo dos critérios com pesos	57
Figura 25 – Matriz dos pesos das alternativas.....	60
Figura 26 – Fluxo dos critérios e alternativas com pesos.....	61
Figura 27 – Cálculos das matrizes (apêndice H e I)	62
Figura 28 – Planos de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco	63
Figura 29 – Plano 1 de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco	64
Figura 30 – Plano 2 de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco.....	65
Figura 31 – Plano 3 de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco	67
Figura 32 – Plano 4 de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco	69

Figura 33 – Plano 5 de hierarquização para fornear arame no forno de zinco	71
Figura 34 – Conceituação de tarefa	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Primeiro Modelo Intitulado De Análise De Segurança Da Tarefa.....	19
Quadro 2 – Quebra De Procedimento.....	21
Quadro 3 – Ordem De Avaliação Dos Procedimentos	22
Quadro 4 – Formulário Simples Para Análise Dos Riscos.....	23
Quadro 5 – Ficha De Análise De Riscos	24
Quadro 6 – Critérios De Aplicação E Avaliação.....	25
Quadro 7 – Critérios De Aplicação E Avaliação.....	26
Quadro 8 – Análise De Segurança Da Tarefa 1 (Osha).....	28
Quadro 9 – Análise De Segurança Da Tarefa 2 (Osha).....	28
Quadro 10 – Análise De Segurança Da Tarefa 3 (Osha).....	28
Quadro 11 – Análise De Segurança Da Tarefa 4 (Osha).....	29
Quadro 12 – Pressupostos Presentes Nas Referências Em Relação Ao Pensamento Sistemático	30
Quadro 13 – Escala De Comparação Da Ahp	35
Quadro 14 – Comparação Dos Critérios.....	36
Quadro 15 – Comparação Das Alternativas	39
Quadro 16 – Modelo Para Descrição Das Atividades	43
Quadro 17 – Modelo De Procedimento	44
Quadro 18 – Tipos De Erro	45
Quadro 19 – Fatores De Comparação Dos Critérios (Apêndice B)	56
Quadro 20 – Fatores De Comparação Das Alternativas (Apêndices C).....	57
Quadro 21 – Fatores De Comparação Das Alternativas (Apêndice D).....	58
Quadro 22 – Fatores De Comparação Das Alternativas (Apêndice E)	58
Quadro 23 – Fatores De Comparação Das Alternativas (Apêndice F).....	59
Quadro 24 – Fatores De Comparação Das Alternativas (Apêndice G).....	59
Quadro 25 – Sequência De Hierarquização Para Fornear Arame No Forno De Zinco – Plano 1.....	64
Quadro 26 – Sequência De Hierarquização Para Fornear Arame No Forno De Zinco – Plano 2.....	66
Quadro 27 – Sequência De Hierarquização Para Fornear Arame No Forno De Zinco – Plano 3.....	68

Quadro 28 – Sequência De Hierarquização Para Fornear Arame No Forno De Zinco – Plano 4.....	70
Quadro 29 – Sequência De Hierarquização Para Fornear Arame No Forno De Zinco – Plano 5.....	71
Quadro 30 – Formulário De Análise De Segurança Da Tarefa.....	72
Quadro 30 – Formulário De Análise De Segurança Da Tarefa (Continuação).....	73
Quadro 30 – Formulário De Análise De Segurança Da Tarefa (Continuação).....	74
Quadro 30 – Formulário De Análise De Segurança Da Tarefa (Continuação).....	75
Quadro 30 – Formulário De Análise De Segurança Da Tarefa (Continuação).....	76
Quadro 30 – Formulário De Análise De Segurança Da Tarefa (Continuação).....	77
Quadro 30 – Formulário De Análise De Segurança Da Tarefa (Continuação).....	78
Quadro 30 – Formulário De Análise De Segurança Da Tarefa (Continuação).....	79
Quadro 31 – Fatores De Desempenho.....	82
Quadro 32 – Procedimento Antes Da Revisão	83
Quadro 33 – Procedimento Após A Revisão.....	84
Quadro 33 – Procedimento Após A Revisão (Continuação).....	85
Quadro 33 – Procedimento Após A Revisão (Continuação).....	86
Quadro 33 – Procedimento Após A Revisão (Continuação).....	87
Quadro 33 – Procedimento Após A Revisão (Continuação).....	88
Quadro 33 – Procedimento Após A Revisão (Continuação).....	89
Quadro 34 – Comparação Dos Procedimentos.....	91

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa.....	16
1.2	Objetivo	18
1.2.1	Objetivos Específicos.....	18
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Análise de Segurança da Tarefa (AST)	19
3	METODOLOGIA.....	31
3.1	Definir o sistema.....	31
3.2	Entender o sistema.....	32
3.3	Definir as condições de contorno	33
3.4	Análise de segurança da tarefa	42
3.5	Avaliar os fatores de desempenho	44
3.5	Revisar o procedimento	46
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	47
4.1	Diagrama de blocos da galvanização.....	47
4.1.1	Desbobinamento	48
4.1.2	Tratamento térmico.....	49
4.1.3	Resfriamento	50
4.1.4	Decapagem química.....	50
4.1.5	Lavagem	51
4.1.6	Preparação superficial	52
4.1.7	Zincagem	52
4.1.8	Bobinamento	53
4.2	Definição do equipamento crítico e do procedimento de estudo.....	54
4.3	Análise de segurança da tarefa	63
4.4	Fatores de desempenho.....	80
4.4.1	Externos.....	80
4.4.2	Estressantes	81
4.4.3	Internos.....	81
4.5	Revisar o procedimento	83
4.5.1	Procedimento após a revisão	84
4.5.2	Comparação	90

5	CONCLUSÃO.....	92
	REFERÊNCIAS	94
	GLOSSÁRIO	96
	APÊNDICE A – DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAIS	98
	APÊNDICE B – COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	99
	APÊNDICE C – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 1)	100
	APÊNDICE D – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 2)	101
	APÊNDICE E – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 3).....	102
	APÊNDICE F – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 4).....	103
	APÊNDICE G – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 5)	104
	APÊNDICE H – MATRIZES PONDERADAS.....	105

1 INTRODUÇÃO

A partir do século XVIII, na Inglaterra, os meios de produção são totalmente modificados com o advento das máquinas a vapor. Este episódio histórico é conhecido como revolução industrial. As operações que antes eram realizadas de forma totalmente manual em um processo chamado de manufatura passam a ser feitas de forma automática. Os efeitos desta mudança se refletem de forma contundente nos trabalhadores, que passam a ser expostos a condições de trabalho totalmente diferentes da produção manufaturada.

Dentro deste contexto, inicialmente as tarefas eram realizadas de forma aleatória, baseadas apenas nas experiências e organizações estabelecidas pelos patrões. No início do século XIX, Taylor lança um estudo, onde propõe a “Administração Científica”, trazendo a padronização das tarefas como a melhor forma de aumentar a produtividade, com a redução de tempos, aumento da satisfação do operador e união das melhores práticas de produção na jornada de trabalho. Em sua obra, ele cita que “[...] o operador médio trabalha com maior satisfação para si e para seu patrão, quando lhe é dada, todos os dias, tarefa definida para ser realizada em tempo determinado [...]” (TAYLOR, 1911, p.88).

Pouco tempo depois começam a surgir os primeiros estudos que correlacionam a diminuição de erros na realização no trabalho com a padronização dos procedimentos de operação. Gilbreth, em 1914 cita essa correlação: “Os resultados da padronização [...] O fato de haver instruções escritas previne contra métodos errados de realizar o trabalho” (SPRIEGEL & MYERS, 1953, p. 421 apud GLENN, 2011, p. 49).

Logo em seguida, surge a necessidade de ferramentas para correlacionar os riscos e as medidas de controle dentro das atividades dos procedimentos que compõem as tarefas. Surgem entre outras a Análise de Segurança da Tarefa (no ambiente da indústria metalúrgica), que é mencionada pela primeira vez com esta nomenclatura em 1931 por Heinrich e utilizada atualmente para mapear os procedimentos de uma tarefa, correlacionando suas atividades, riscos e medidas de controle.

Desde seu surgimento até os dias atuais, esta ferramenta tem sua aplicação baseada, predominantemente, com o uso da experiência de trabalho do analista responsável (na maior parte dos casos o supervisor da planta ou técnico de segurança responsável) e dos operadores que executam a tarefa a ser analisada, juntando os históricos de acidentes à análise. Além disso nem sempre há pessoas com anos de experiência nas funções de elaboração ou revisão de procedimentos e basear-se nas situações traumáticas do passado significa agir de forma reativa, fechando os olhos em relação a situações novas e novos riscos que possam surgir.

Atualmente, prever os riscos e adotar medidas de controle para evitar que os acidentes ou quase-acidentes aconteçam é fundamental para garantir a integridade física dos trabalhadores, indo além do pensamento baseado em experiências do passado e buscando chegar a uma forma estruturada de análise.

Para chegar a uma análise estruturada, é preciso organizar o conhecimento de forma sistemática, pois a sistematização traz uma forma lógica de avaliação, colocando em questão a validação das soluções obtidas (CHAUÍ, 2000, p. 13) e traz três pressupostos da análise científica: simplicidade – onde se pode decompor o objeto estudado em partes menores, estabelecendo relações lineares e unidirecionais entre estas; estabilidade – a qual define o mundo através de leis de funcionamento, que podem ser conhecidas, permitindo a previsibilidade, controlabilidade e reversibilidade dos fenômenos; objetividade – consegue-se conhecer o mundo tal qual ele é na realidade, estabelecendo versão única do conhecimento (GOMES, 2015, p. 82).

Em outras palavras, é necessário elaborar e revisar os procedimentos da tarefa de forma sistemática, entendida dentro do contexto mencionado acima e que para este estudo significa congrega ferramentas que garantam os três pressupostos da sistematização: definir critérios para parametrizar os procedimentos da tarefa (delimitar início e final), definir os limites físicos dos equipamentos envolvidos na linha de operação (para conhecer quais procedimentos são realizados nos limites de cada equipamento), fragmentar o procedimento em atividades usando um ou mais critérios para realizar essa divisão e estabelecer relação causal e linear entre as atividades e os riscos (simplicidade); conhecer os procedimentos profundamente, permitindo prever e controlar os riscos, propondo medidas de controle correlacionadas diretamente aos riscos (estabilidade); chegar a uma versão única dos procedimentos para que todos os sujeitos envolvidos entendam a tarefa e seus riscos da mesma forma e possam realizá-la de uma única maneira (objetividade).

Este trabalho tem como objetivo introduzir a análise sistemática na revisão e elaboração de procedimentos para que o operador realize sua tarefa de forma segura e confiável, evitando erros no planejamento e realização nas atividades dos procedimentos.

1.1 Justificativa

Freitas e Souza, em 2003, faz uma correlação das causas de acidentes em uma refinaria de petróleo no Rio de Janeiro. Dentre as causas de acidentes com trabalhadores próprios, doze dos setenta e nove casos (15,1 %) são relacionados a falhas na execução da tarefa, que no

contexto do estudo se referenciam a erros causados por planejamento incorreto das atividades dos procedimentos de uma função, erros de execução do procedimento que aconteceram na etapa de um procedimento que proporciona ao operador escolher entre duas ações diferentes dependendo do cenário do equipamento e falhas na entendimento do procedimento pelo operador. Estes fatores constituem, juntos, o segundo lugar na pesquisa.

O ministério do Trabalho e Emprego do Rio Grande do Sul, em 2008, estratifica os relatórios de acidentes fatais recebidos pelos auditores-fiscais no estado no período de agosto de 2001 a dezembro de 2007, constatando que 25% das causas destes acidentes (245 ocorrências) são correlacionados “às maneiras e meios de obter os resultados desejados”, ou seja, a falhas no planejamento dos procedimentos da tarefa, sendo este fator o primeiro entre as causas dos acidentes no levantamento feito pelo ministério.

Há uma dificuldade em encontrar dados de acidentes que correlacionem as causas a falhas na elaboração ou revisão de procedimentos da tarefa, pois há uma necessidade de manter sigilo empresarial sobre estes casos. Mas os dados encontrados mostram que grande parte dos acidentes envolvem falhas no planejamento dos procedimentos, conduzindo a um ato inseguro.

Esta fragilidade reflete, provavelmente, a falta de sistemática durante o planejamento dos procedimentos da tarefa, visto que ela permite assegurar simplicidade, estabilidade e objetividade, o que diminui as chances de erros por falhas no mapeamento e planejamento da tarefa. A literatura coloca a experiência da equipe de trabalho e o histórico de acidentes como base para elaboração de procedimentos, mas estas variáveis não apresentam formato sistemático de avaliação, pois não estão diretamente correlacionadas aos pressupostos da análise sistemática, além de serem baseadas na reatividade (situações passadas ou aprendizados através de traumas), o que se opõe a visão atual de segurança do trabalho como uma ciência preventiva, que age antes que os acidentes ou quase acidentes aconteçam.

O presente estudo nasce com a intenção de dar sistemática (simplicidade, estabilidade e objetividade) à Análise de Segurança da Tarefa, nascida na indústria metalúrgica e já disseminada dentre as ferramentas para revisão e elaboração de procedimentos, procurando contribuir com a diminuição das chances de erros ou falhas na revisão ou elaboração dos procedimentos de uma tarefa.

1.2 Objetivo

O objetivo do presente estudo é dar simplicidade, estabilidade e objetividade à elaboração e revisão dos procedimentos em geral. A intenção é contribuir para que o operador realize sua tarefa de maneira segura e confiável.

1.2.1 Objetivos Específicos

- a) Estruturar a Análise de Segurança da Tarefa (AST) de forma sistemática;
- b) Entender o processo em estudo. A estruturação da AST foi realizada no contexto da galvanização de arames de uma metalúrgica;
- c) Identificar o equipamento crítico através do uso de decisão multicritério (utilizando a Análise Hierárquica de Processo proposta por Saaty em 2008);
- d) Identificar e avaliar o procedimento associado a tarefa que está relacionada ao equipamento crítico;
- e) Estruturar em planos e sub-planos as etapas para a execução do procedimento;
- f) Identificar os fatores de desempenho que afetam a realização do procedimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura se concentra na Análise de Segurança da Tarefa do período de 1931 até 2017.

2.1 Análise de Segurança da Tarefa (AST)

Uma das primeiras versões da Análise de Segurança da Tarefa surge em 1927 em uma publicação do Conselho Nacional de Segurança, organização sem fins lucrativos dos Estados Unidos que descreve uma técnica de “subdividir as operações, listar os riscos correlacionados e aplicar estratégias de controle tradicionais” sendo usada em um estudo de operações em bondes elétricos, contudo sem nomear a técnica nem estabelecer quem ou como realizá-la. (GLEEN, 2011, p. 49)

Em 1931, Heinrich utiliza pela primeira vez o termo Análise de Segurança da Tarefa (AST) em “Prevenção de Acidentes Industriais: Uma Abordagem Científica” para descrever uma metodologia de análise da tarefa, enfatizando sua importância para os estudos de segurança e propondo uma formalização que é representada pelo quadro 1. Inicialmente proposta para identificar quais os locais com maior probabilidade de acidente, indica o supervisor da linha como responsável pela análise.

Quadro 1 – Primeiro modelo intitulado de análise de segurança da tarefa

Período analisado _____ a _____ Empresa _____ Analista responsável _____ Data _____								
	Equipamento			Perigos associados aos procedimentos ¹	Condições do ambiente em que o procedimento é realizado		EPI	Outros
	Condições do equipamento	Equipamento com falha	Equipamento com proteção inadequada		Iluminação	Ventilação	Proteção individual do operador	
Máquina								
Elevador								
Bomba								
Válvula								

Fonte: Adaptado de Heinrich (1931).

¹ Perigos associados aos procedimentos para a realização da tarefa, incluindo o entorno (localização e pessoas) do equipamento.

O quadro 1, proposto por Heinrich, dá ênfase aos equipamentos e suas características, às condições do ambiente onde acontece a realização do procedimento, aos perigos associados aos procedimentos e à proteção individual do operador (aquele que executa a tarefa). Como Heinrich cita ao longo do texto, a localização não representa uma relação causa-acidente. Desta forma fica claro pelo próprio texto de Heinrich que não há simplicidade ao usar essa técnica na forma do quadro 1, pois não há critério e nem delimitação do procedimento, não há critério e nem divisão dos procedimentos em atividades, não há delimitação física dos equipamentos e não existe relação causal dos riscos e atividades. Também não há estabilidade, pois não há descrição de medidas de controle para evitar os acidentes, não sendo possível prever e controlar os riscos. Há objetividade, uma vez que as informações coletadas possibilitam uma forma única de conhecimento, sem haver descrições que possam levar a diferentes interpretações que dependam de quem estiver lendo o documento.

Na sessão temática referente ao treinamento dos empregados da 3ª edição do Manual de Prevenção de Acidentes para Operações Industriais de 1946, do Conselho Nacional de Segurança (NSC), é publicada a técnica nomeada como “Quebra de Procedimento”, com o objetivo de aumentar a segurança durante a realização dos procedimentos da tarefa. A técnica consiste na especificação detalhada de todas as atividades do procedimento a ser realizado. A NSC recomenda que o mapeamento deve ser feito pelo empregador junto com o operador que possuir mais experiência na realização do procedimento, visando a treinar bem todos os operadores e diminuir as chances de ocorrerem ações inesperadas durante a realização do procedimento. Esta análise é exemplificada em um quadro denominado “cartão de instruções do procedimento” onde também estão inclusas recomendações para prevenção de acidentes.

O cartão de instruções do procedimento, representado no quadro 2, consiste de um formulário onde deve ser listado o nome do procedimento, seguido de notas explicativas – pontos de atenção antes de iniciar a realização das atividades – que se referem à segurança do operador (uso de equipamentos de proteção individual, exigência de desligamento da máquina) ou limitações técnicas (tamanho máximo do rebolo possível para realização do procedimento). É seguido de uma divisão do procedimento (que se assemelha a etapa inicial da AST adotada atualmente) em atividades ou planos chamadas de etapas principais e destas etapas em sub-planos chamados de pontos-chave, conforme conceitos de planos e sub-planos definidos na sessão 3.4 deste estudo.

Esta proposta não oferece simplicidade, pois não estabelece quando começa e termina o procedimento, não estabelece os limites físicos do equipamento e não faz correlação linear entre as atividades e os riscos associados. Não apresenta estabilidade, pois não correlaciona

diretamente os riscos e medidas de controle. Não há objetividade, pois na segunda atividade indica para o operador “posicionar-se lateralmente quando possível”, sem especificar o momento em que é necessário adotar o posicionamento (“quando possível” pode ser interpretado de diversas formas).

Quadro 2 – Quebra de Procedimento

Cartão de Instruções da Procedimento	
Ajuste de rebolos abrasivos	
Notas	(1) Comece o procedimento com roupas e equipamentos específicos, incluindo óculos e sapatos de proteção dos dedos. Sem luvas.
	(2) Operação limitada a rebolos de 10 polegadas ou menos.
	(3) Desligar a máquina antes de fazer qualquer ajuste.
ETAPAS PRINCIPAIS	PONTOS-CHAVE
I - CHECAGEM DA MÁQUINA Usar apenas trincha para limpar máquinas	a) Limpar a máquina;
	b) Checar desgaste dos rolamentos e lubrificar;
	c) Checar roscas desgastadas no eixo;
	d) Recolocar base da ferramenta;
II - CHECAR REBOLO ESMERIL Usar óculos e máscara respiratória. Posicionar-se lateralmente quando possível.	a) Inspeccionar quebras no rebolo;
	b) Ajustar base para ferramenta centralizada para prender a retificadora;
	c) Pressionar levemente e de forma constante;
	d) Movimento uniforme - toda a face do rebolo;
	e) Parar a máquina - Reajustar o nível da base para ferramenta e recentralizar;
	f) Limpar a máquina.
III - MONTAR NOVO REBOLO Usar óculos e máscara respiratória quando retificar o rebolo. Posicionar-se lateralmente	a) Limpar eixo e fusos;
	b) Realizar o "teste do som" no novo rebolo;
	c) Montar o rebolo no eixo. Ajuste deve ser leve;
	d) Use arruelas de segurança e de tamanho adequado;
	e) Apertar porca. Reportar roscas desgastadas ao mesmo tempo;
	f) Recolocar base para ferramenta, ajustar e retificar o rebolo como acima;
	g) Retornar rebolo gasto para ferramentaria.

FONTE: Adaptado de Manual de Prevenção de Acidentes para Operações Industriais (1946)

Em 1970, no Brasil, a Diretoria do Ensino Industrial, setor do Ministério da Educação e Cultura publica o Manual do Inspetor de Segurança, onde indica o inspetor de segurança como responsável por utilizar uma técnica de análise de riscos similar à AST, buscando priorizar a revisão dos procedimentos segundo sete fatores que devem ser considerados para ordenar quais deles serão revisados primeiro e servir como informações para a análise. Esses fatores são considerados na ordem de importância representada no quadro 3.

Quadro 3 – Ordem de avaliação dos procedimentos

1.	Experiência – Vivências prévias do inspetor de segurança em fábricas semelhantes conhecendo assim as operações com maior número de acidentes;
2.	Índices de lesões – Realizar uma revisão de frequência de lesões em indústrias semelhantes;
3.	Relatórios de acidentes (histórico);
4.	Repetição – Operações que possuam frequências maiores de realização, causando maior fadiga;
5.	Interferência – Locais onde os materiais se acumulam no decorrer do processo;
6.	Movimentação Manual – Tarefas que empreguem atividades manuais de movimentação;
7.	Resíduos – Operações onde ocorre acúmulo de restos de materiais ou peças danificadas.

FONTE: Adaptado de Manual do Inspetor de Segurança (1970)

Após elencar os procedimentos, a proposta é seguir diretamente com a aplicação de um formulário para análise de riscos, que é descrito no quadro 4. Não há especificação de como usar as informações reunidas através dos critérios do quadro 3 para a construção do formulário do quadro 4. O formulário consiste na descrição do procedimento a ser realizado seguido da estratificação das etapas principais (que podem ser correlacionadas aos planos definidos na sessão 3.4 deste estudo), de como fazê-las (descrição detalhada que pode ser comparada aos sub-planos definidos na sessão 3.4) e qual o porquê (informação que se correlacionam às medidas de controle dos riscos).

Não há uma explicação de como delimitar o procedimento (início e final), não menciona nenhum parâmetro para realizar a divisão do procedimento em atividades, menciona medidas de controle no meio da descrição das atividades, quebrando a linearidade da correlação entre riscos e medidas de controle – falta de simplicidade e estabilidade. Faz uma recomendação na coluna “como” da quarta atividade que pode ter várias interpretações: “evitar misturar o líquido em chamas com a espuma”, não especificando como evitar a mistura – falta objetividade.

Quadro 4 – Formulário simples para análise dos riscos

FORMULÁRIO SIMPLES PARA ANÁLISE DE RISCOS		
Ocupação: Uso de extintor de incêndio a espuma, portátil, manual		
Que	Como	Porque
1. Tirar o extintor do gancho	Com a mão direita, empunhar o bico da mangueira entre o polegar e o indicador e levá-lo junto à borda superior do extintor. Empunhar a borda superior do extintor com os dedos da mão direita. Ao mesmo tempo, empunhar a borda inferior com a esquerda. Então, erguer o extintor com ambas as mãos, até libertá-lo de seu suporte. Conservar o extintor assim de pé.	Isso evitará o risco de um esforço violento
2. Levar o extintor até o local do fogo	Colocar-se a favor do vento, para ter uma visão clara da situação	Para evitar fumaça nos olhos. Para evitar que o vento sopra líquidos ou vapores nos olhos. Para evitar que as chamas atinjam a roupa.
	Levar o extintor até o local do fogo, mantendo-o junto ao corpo, de pé, como em N° 1.	Para evitar esforço. Para evitar descarga acidental
3. Virar o extintor de cabeça para baixo	Passar a mão esquerda da borda inferior para o cabo situado sob o extintor e segurá-lo com firmeza. Apontando o bico do extintor em direção ao fogo, abaixar (com a mão direita) o topo do extintor, até que todo o bico do mesmo seja suportado pela mão esquerda, e apenas o bico (apontado para o fogo) seja seguro pela mão direita. Isso deve ser feito rapidamente, mas com firmeza	Não usar extintores de espuma em incêndios relacionados com eletricidade. Risco de choque.
4. Descarregar o extintor sobre o fogo	Sustentando o extintor como em N° 3 com a mão esquerda e segurando o bico da mangueira com a mão direita, dirigir o jato de espuma para a base das chamas (exceto quando houver uma camada de líquido em chamas, caso em que o jato deve ser dirigido contra a parte interna do recipiente).	
	Evitar misturar o líquido em chamas com a espuma	Arremesso de óleo em chama para outros locais Decomposição de espuma em óleo e líquido em chamas
Recomendações: 1. Deve-se ensinar a todos os empregados o uso adequado dos extintores de incêndio existentes em sua área. 2. Deve haver um sistema definido de inspeção regular de todos os extintores de incêndio.		

FONTE: Adaptado de Manual do Inspetor de Segurança (1970)

Ribeiro em 1979 na sessão “Inspeção de Segurança – Análise de Riscos” do “Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho” coloca o engenheiro responsável da área como encarregado por revisar os procedimentos. Assim, descreve uma prática de inspeção rotineira da área de operação para ordenar os procedimentos para revisão, classificando-os por criticidade, considerando como críticos os que estão correlacionados aos processos mais perigosos da área em estudo. Essa definição de criticidade e de quais são os processos mais perigosos é definida por uma equipe multidisciplinar liderada pelo engenheiro responsável, envolvendo os operadores que executam os procedimentos, o gerente, a CIPA (Comitê Interno

de Prevenção de Acidentes) e os supervisores dos turnos baseando-se em experiência e conhecimento prévio da equipe. Além de estabelecer o que é crítico no processo, a equipe formada pelo engenheiro também é levada a contribuir com a revisão dos procedimentos através de suas diversas experiências de trabalho (embora o manual deixe destacado que nenhum conhecimento é superior ao do gerente da planta, responsável pela segurança de todos), resultando em um documento elaborado com uma metodologia semelhante à Análise de Segurança da Tarefa, que denomina “Ficha de Análise de Riscos” que é descrita no quadro 5. O procedimento é dividido em atividades (fases de operação) e cada atividade é correlacionada ao seu risco e medida de controle (recomendações de segurança).

Não há ao longo da referência nenhuma orientação de como delimitar o começo e o final do procedimento, não apresenta uma limitação física do equipamento onde será realizado o procedimento, não apresenta critérios para divisão das atividades, portanto não há simplicidade. Há estabilidade, pois as medidas de controle estão diretamente relacionadas aos riscos. Não há objetividade, pois o conhecimento não está expresso de forma única, o que é constatado nas recomendações de segurança das atividades 2 e 5, com a expressão “operação normal”, que pode ser interpretada e realizada de diferentes formas.

Quadro 5 – Ficha de análise de riscos

DEPARTAMENTO: USINAGEM	DIVISÃO: TORNEARIA	ESPECIALIDADE: TORNEIRO
OPERAÇÃO: TORNEAR EIXO		DATA: 15/02/71
FASES DA OPERAÇÃO	QUAL O RISCO	RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA
1. Colocar a peça na placa do torno	1. Corte nas mãos	1. Usar luvas adequadas
2. Centrar a peça na placa	2. Não oferece risco	2. Operação normal
3. Ajustar a contraponta	3. Flexão do eixo	3. Verificar se a peça está bem ajustada na contra ponta giratória
4. Iniciar desbastamento	4. Corpo estranho nos olhos	4. Usar óculos de proteção.
5. Desligar o torno	5. Não oferece risco	4.1 - Iniciar desbastamento sem luvas
6. Fazer a medição	6. Ferir a mão na ferramenta	5. Operação normal
7. Retirar a peça	7. Queimadura e corte nas mãos	6. Afastar a ferramenta
8. Limpar o torno	8. Corte nas mãos	7. Usar luvas
		8. Desligar a chave geral e usar escova

FONTE: Adaptado de Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho (1979)

Ridley, em 1994, na quarta edição do livro “Segurança no trabalho”, descreve o procedimento da Análise de Segurança da Tarefa como uma técnica de prevenção de acidentes. Utiliza seis variáveis para ordenar quais procedimentos devem ser revisados

primeiro e para servirem de base para a análise. Estas variáveis são expressas de forma sucinta no quadro 6.

Quadro 6 – Critérios de aplicação e avaliação

Acidentes passados e experiências de perda: Históricos de acidentes e quase acidentes na realização do procedimento
Máximo potencial de perda: A lesão mais grave que pode ocorrer durante a realização do procedimento
Probabilidade de recorrência: Chance de que o acidente volte a acontecer na realização do procedimento
Legislações: Leis que envolvam o funcionamento do equipamento e a realização do procedimento
O grau de amadurecimento do procedimento: Tempo em que o procedimento é realizado na empresa
O número de empregados expostos ao risco: Quantidade de pessoas que realizam o procedimento

FONTE: Adaptado de Segurança do Trabalho (1994)

É realizada a quebra do procedimento em atividades (sendo recomendada a divisão em até 15 passos), análise dos riscos e estabelecimento das medidas de controle, baseando-se nos critérios do quadro 6. A revisão do procedimento deve ser realizada em intervalos regulares definidas pelo empregador. O documento resultante é o quadro de registro da análise de segurança do procedimento, que é representado no quadro 7. Não especifica o profissional para realizar as avaliações.

O quadro 7 apresenta o procedimento dividido em atividades, com os riscos e medidas de controle associadas de forma linear. Adiciona à análise notas informativas sobre acidentes passados, a lesão de maior consequência que pode acontecer durante o procedimento (definida pelo analista), leis que estejam diretamente relacionadas a execução do procedimento e leis referentes ao funcionamento do equipamento diretamente ligado ao procedimento. Não há simplicidade – não define critério para dividir o procedimento em atividades nem como delimitar fisicamente o equipamento. Há estabilidade – relaciona medidas de controles diretamente aos riscos. Não há objetividade, pois na ação de controle da atividade 5 recomenda “considerar forma de apoio secundária”, deixando o entendimento da ação de controle submetido a interpretação do leitor, não especificando que forma de apoio é esta.

Quadro 7 – Quadro de registro da análise de segurança

QUADRO DE REGISTRO DA ANÁLISE DE SEGURANÇA DO PROCEDIMENTO		
Título do procedimento: Trocando o pneu de um carro Data da análise: 07/10/2019 Departamento: Borracharia Meca Tempo de observação do procedimento: 30 minutos Analista/Verificador: Cavalcanti/Ramos		
Descrição geral: Trocar a roda danificada de um carro por um novo modelo		
Acidentes passados: Em 2007, durante a remoção do pneu, operador sofreu um corte na mão provocado por uma superfície cortante na calota da roda.		
Máximo potencial de perda: Perda de membro por pensamento		
Exigências legais: Só deve realizar a tarefa o operador treinado e O Autorizado		
Práticas relevantes / Notas interessantes / Publicações consultivas: -		
Sequência de etapas	Riscos identificados	Ações de controle
1. Puxar o freio de mão do veículo	Prensamento de membros	Evitar agarramento, movimentos rápidos
2. Retirar o pneu reserva e checar a pressão	Lesão nas costas	Usar inércia do pneu
3. Remover a calota	Prensamento; abrasão das mãos	Assegurar-se do uso da alavanca corretamente
4. Certificar-se que o macaco está adequado e em solo firme	Escorregamento do veículo. Macaco afundar no solo	Checar macaco
5. Certificar-se que o ponto de fixação do macaco é seguro	Veículo descer abruptamente	Considerar forma de apoio secundária
6. Levantar metade do carro, porém sem desprender as rodas do solo	Prensamento; choque mecânico das mãos com o macaco/carro	Evitar agarramento, movimentos rápidos
7. Pender porcas das rodas	Deslizamento das mãos - ferir articulações dos dedos. Prensamento	Certificar-se que o pega da chave inglesa está em bom estado. Evitar agarramento, movimentos rápidos. Usar luvas
8. Levantar o carro completamente de acordo com as instruções do fabricante	Prensamento; choque mecânico das mãos com o macaco/carro	Evitar agarramento, movimentos rápidos
9. Remover pneu	Lesão nas costas. Queda no solo	Usar inércia do pneu. Usar luvas (se disponível) para melhorar o contato
10. Ajustar pneu reserva	Lesão nas costas	Usar inércia do pneu
11. Apertar porcas das rodas	Deslizamento das mãos - ferir articulações dos dedos. Prensamento	Usar luvas. Evitar agarramento, movimentos rápidos
12. Descer o carro	Prensamento; choque mecânico das mãos com o macaco/carro	Evitar agarramento, movimentos rápidos
13. Remover macaco e guardar no porta-malas, junto com o pneu trocado	Lesão nas costas	Usar inércia do pneu.
14. Reapertar porcas do pneu	Deslizamento das mãos - ferir articulações dos dedos.	Usar luvas. Evitar agarramento, movimentos rápidos
15. Recolocar calota	Abrasão das mãos	Usar luvas.
Data de revisão sugerida: 25/03/2021		
Assinatura:	Data:	Departamento: Função:

FONTE: Adaptado de Segurança do Trabalho (1994)

Em 2002, a Administração de Segurança e Saúde Operacional (OSHA) publica um guia sobre a Análise de Segurança da Tarefa, onde recomenda a classificação dos procedimentos críticos de acordo com os seguintes critérios: taxas de acidente ou desenvolvimento de doenças ocupacionais; potencial de ocorrerem danos graves ou incapacitantes; erros de execução do procedimento que possam causar acidentes; procedimentos estabelecidos há pouco tempo ou que sofreram alterações recentes em atividades. Recomenda:

1. Unir a liderança e os operadores (que têm sua visão única e entendimento diferente das tarefas) para usar a experiência desses públicos na revisão;
2. Rememorar o histórico de acidentes;
3. Conduzir uma listagem preliminar dos procedimentos. Listar, determinar a criticidade dos procedimentos e ranqueá-los;
4. Realizar a revisão dos procedimentos usando as experiências de líderes e operadores e o histórico de acidentes para avaliar as atividades, seus riscos e medidas de controle. Essa avaliação é registrada em um formulário descrito nos quadros 8 a 11.

Para exemplificar o uso do formulário, o manual utiliza o procedimento de esmerilhar peças fundidas de ferro, dividindo-o em três atividades: 1. Alcançar a caixa de metal à direita da máquina, pegar a peça fundida e levar ao rebolo; 2. Pressionar a peça contra o rebolo para esmerilhar as rebarbas; 3. Posicionar peça finalizada na caixa à esquerda da máquina.

Nos quadros 8, 9, 10 e 11, propostos pela OSHA, o procedimento é dividido e a descrição de suas atividades é registrada, juntamente com uma descrição dos riscos e dos controles (medidas de controle) propostas. Não há simplicidade, visto que não há uma explicação de como delimitar o início e o final do procedimento, não há menção a nenhuma forma de delimitar o equipamento onde será realizado o procedimento, não é mencionado um critério para dividir as atividades e não é mostrada de forma linear a associação de cada atividade a seu risco. Não há estabilidade, pois as medidas de controle não estão correlacionadas diretamente aos riscos. Não há objetividade, pois no quadro 11, no controle número 1, recomenda: “mover peças do chão para um local mais perto da zona de trabalho”, não especificando o que significa estar perto ou longe da zona de trabalho, suscitando a diferentes interpretações e realizações deste item do procedimento.

Quadro 8 – Análise de segurança da tarefa 1 (OSHA)

Local do trabalho: Sala de treinamento metalúrgico	Analista: Joe Seguro	Data:
Descrição da atividade: Trabalhador procura dentro de caixa de metal ao lado da máquina a ferramenta, pega a peça fundida de 15 libras e leva até o rebolo abrasivo. Trabalhador esmerilha de 20 a 30 peças por hora.		
Descrição do risco: Ao pegar a peça, o operador pode derrubá-la no pé. O peso da peça e a altura da queda podem causar sérios danos aos pés e dedos do funcionário.		
Controle dos riscos: 1. Remover peças da caixa e colocá-las na mesa ao lado da afiadora; 2. Usar sapato com biqueira de aço com proteção de metatarso; 3. Mudar para luvas protetoras que permitam uma melhor pegada; 4. Usar uma ferramenta para pegar as peças.		

FONTE: Adaptado de Análise de risco da tarefa (2002)

Quadro 9 – Análise de segurança da tarefa 2 (OSHA)

Local do trabalho: Sala de treinamento metalúrgico	Analista: Joe Seguro	Data:
Descrição da atividade: Trabalhador procura dentro de caixa de metal ao lado da máquina a ferramenta, pega a peça fundida de 15 libras e leva até o rebolo abrasivo. Trabalhador esmerilha de 20 a 30 peças por hora.		
Descrição do risco: Peças fundidas têm rebarbas e cantos afiados que podem causar lacerações severas		
Controle dos riscos: 1. Usar um dispositivo em formato de pinça para pegar as peças; 2. Usar luvas resistentes a corte que permitam uma boa pegada e fiquem justas nas mãos para minimizar as chances de serem puxadas pelo rebolo abrasivo.		

FONTE: Adaptado de Análise de risco da tarefa (2002)

Quadro 10 – Análise de segurança da tarefa 3 (OSHA)

Local do trabalho: Sala de treinamento metalúrgico	Analista: Joe Seguro	Data:
Descrição da atividade: Trabalhador procura dentro de caixa de metal ao lado da máquina a ferramenta, pega a peça fundida de 15 libras e leva até o rebolo abrasivo. Trabalhador esmerilha de 20 a 30 peças por hora.		
Descrição do risco: Peças fundidas têm rebarbas e cantos afiados que podem causar lacerações severas		
Controle dos riscos: 1. Usar um dispositivo em formato de pinça para pegar as peças; 2. Usar luvas resistentes a corte que permitam uma boa pegada e fiquem justas nas mãos para minimizar as chances de serem puxadas pelo rebolo abrasivo.		

FONTE: Adaptado de Análise de risco da tarefa (2002)

Quadro 11 – Análise de segurança da tarefa 4 (OSHA)

Local do trabalho: Sala de treinamento metalúrgico	Analista: Joe Seguro	Data:
Descrição da atividade: Trabalhador procura dentro de caixa de metal ao lado da máquina a ferramenta, pega a peça fundida de 15 libras e leva até o rebolo abrasivo. Trabalhador esmerilha de 20 a 30 peças por hora.		
Descrição do risco: Alcançar as peças, girar o corpo e levantar as peças fundidas de 15 libras do chão pode resultar em estiramento de músculo da região lombar.		
Controle dos riscos: 1. Mover peças do chão para um local mais perto da zona de trabalho para minimizar o levantamento. Idealmente, posicionar na altura da cintura ou em uma plataforma ajustável ou palete; 2. Treinar operadores para não girar a coluna enquanto levanta o peso e reconfigurar as estações de trabalho para minimizar torções do corpo durante levantamentos de pesos.		

FONTE: Adaptado de Análise de risco da tarefa (2002)

O formulário e estrutura da análise de segurança da tarefa não sofrem alterações significativas desde a versão proposta pela OSHA até os dias de hoje, sendo a formulação na qual outros estudos se baseiam ultimamente.

Zheng em 2016 adiciona à análise de segurança da tarefa o estudo das Fontes de energia envolvidas nas atividades como perigos potenciais. Resume a análise em onze seções: 1. Definir a tarefa; 2. Organizar a equipe que avaliará os procedimentos unindo os líderes do setor junto a especialistas de saúde, segurança e meio ambiente; 3. Dividir os procedimentos em atividades; 4. Reconhecer as Fontes potenciais de energia em cada atividade; 5. Identificar perigos potenciais das Fontes de energia; 6. Avaliar riscos em cada atividade; 7. Projetar medidas de controle para os riscos; 8. Reavaliar riscos após a implementação das medidas de controle; 9. Aprovar a análise de segurança da tarefa; 10. Organizar reunião para avaliação da tarefa após a revisão de seus procedimentos; 11. Monitorar e visitar periodicamente a tarefa. A análise de segurança da tarefa é feita por uma equipe de especialistas que é estabelecida na etapa dois. No estudo é mencionada a OSHA como referência para a forma de construção da análise de segurança da tarefa. Desta maneira, a referência carrega consigo as mesmas falhas nos três princípios da sistematização mencionadas para a OSHA conforme dito anteriormente neste estudo.

Quando cada referência é analisada frente aos pressupostos da análise sistemática, conforme entendida neste trabalho, apenas três das sete referências apresentam um dos pressupostos da análise sistemática. Isso reflete que a experiência e os históricos de acidentes não conseguem ser suficientes, por eles mesmos, para garantir a sistematização do

conhecimento, sendo necessário recorrer a outras ferramentas para robustecer a revisão e a elaboração de procedimentos.

Quadro 12 – Pressupostos presentes nas referências em relação ao pensamento sistemático

FONTE	ANO	PRESSUPOSTOS PRESENTES EM RELAÇÃO AO PENSAMENTO SISTEMÁTICO		
		SIMPLICIDADE	ESTABILIDADE	OBJETIVIDADE
HEINRICH	1931			
Manual de Prevenção de Acidentes para Operações Industriais	1946			
Manual do Inspetor de Segurança	1970			
Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho	1979			
RIDLEY	1994			
OSHA	2002			
ZHENG	2016			

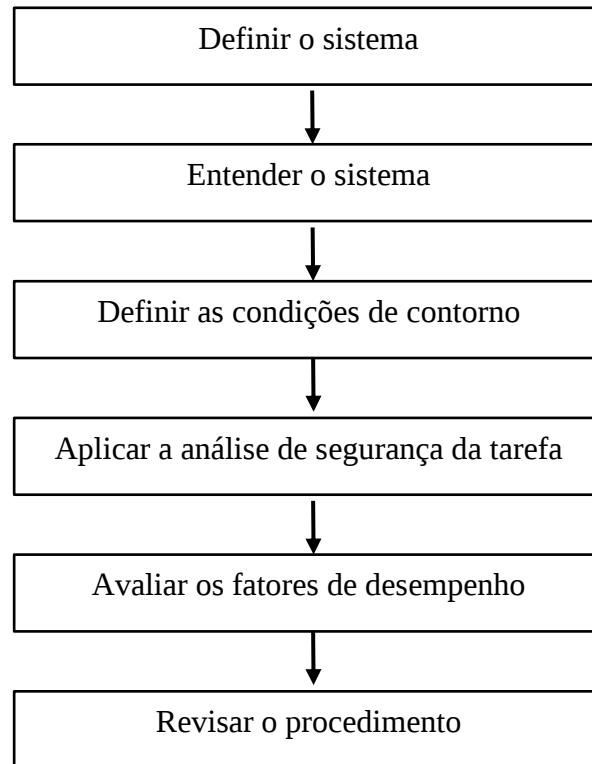
FONTE: O Autor (2019)

Tendo em vista as falhas observadas no quadro 12 referentes à sistematização da análise de segurança da tarefa realizada nos procedimentos ao longo dos anos, este estudo nasce com o objetivo proporcionar sistematização para a análise de segurança da tarefa, entendendo que quanto mais simples, estável e objetiva for a análise, mais robusto será o procedimento resultante.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo é composta por seis etapas representadas no fluxograma da figura 1.

Figura 1 – Metodologia de trabalho



FONTE: O Autor (2019)

3.1 Definir o sistema

Pelas origens da Análise de Segurança da Tarefa no setor metalúrgico e seu uso já difundido, escolheu-se uma siderúrgica, que apresenta um longo histórico de funcionamento e vasta quantidade de procedimentos escritos e revisados ao longo dos anos como sistema para aplicação do estudo.

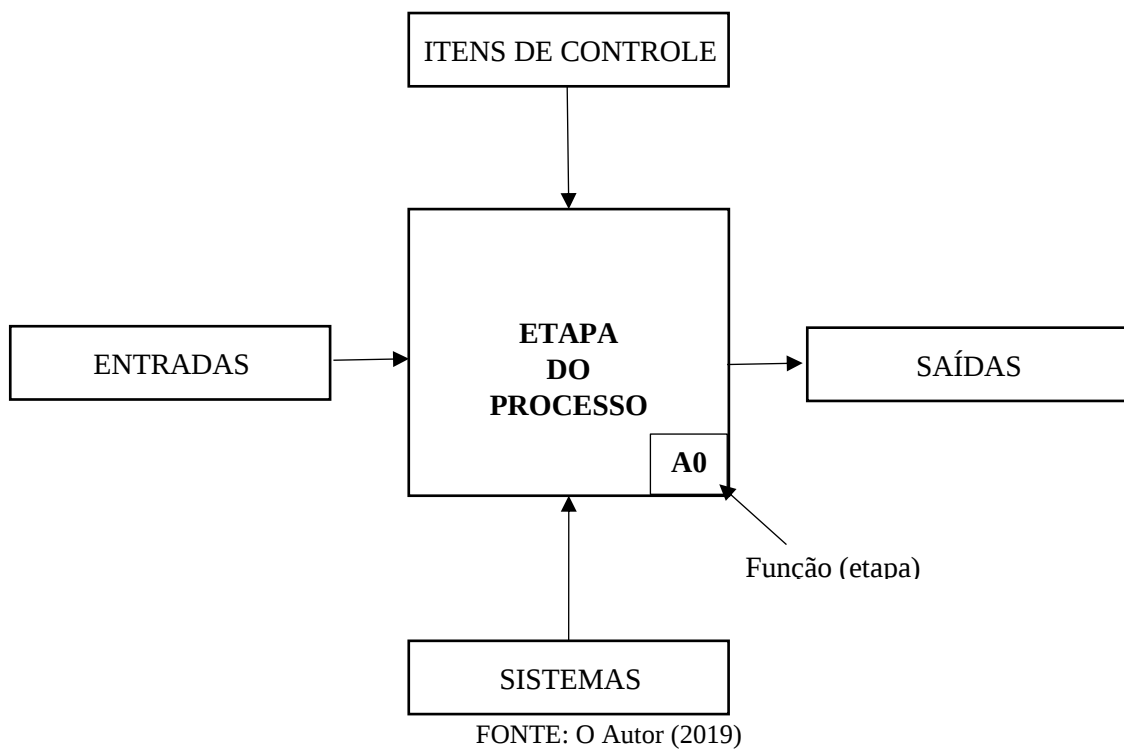
A área de enfoque é uma galvanização de arames por imersão a quente, que é um processo que recebe como matéria-prima arames trefilados e tem como produto final arames revestidos por uma camada de zinco (galvanizados).

O objetivo da galvanização é proteger o aço contra a corrosão oferecendo um metal como sacrifício (zinco). O aço é envolvido por uma fina película de zinco e o material passa a apresentar uma durabilidade maior tanto para aplicações comuns, com uso em cercas e grades, quanto para aplicações específicas, com o uso em ambientes agressivos como mergulhado no oceano na forma de currais para pesca.

3.2 Entender o sistema

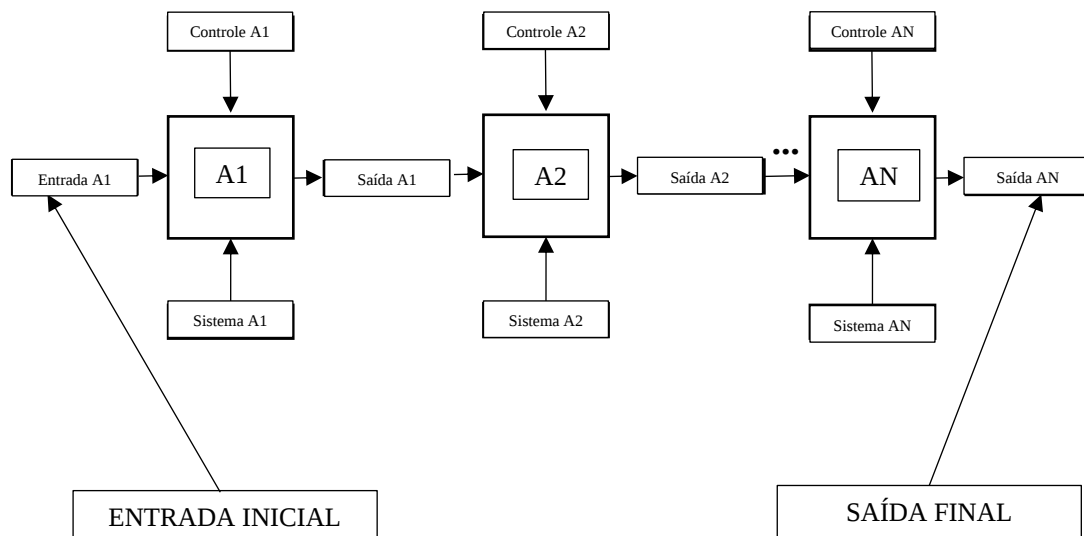
Para entender o sistema escolhido foi utilizado o diagrama de blocos funcionais (DBF), que conecta em cada etapa do processo seus insumos (entradas), produtos (saídas), variáveis para controlar a estabilidade do processo (itens de controle) e os equipamentos com seus conjuntos de equipamentos auxiliares (sistemas) conforme representado na figura 2 (que representa o processo inteiro resumido).

Figura 2 – Diagrama de blocos resumido



As saídas de uma etapa são as entradas da próxima e assim sucessivamente até chegar à saída final (produto final) - objetivo do processo completo, conforme Figura 3, onde “N” é o número de etapas do processo completo.

Figura 3 – Diagrama de blocos expandido



FONTE: O Autor (2019)

O setor de galvanização foi dividido em nove etapas dentro do diagrama de blocos usando como critério de secção a função que cada uma exerce dentro do processo (funções diferentes constituem blocos diferentes), sendo descritos no capítulo de resultados. A divisão do processo está correlacionada diretamente aos limites físicos dos equipamentos que constituem a linha, sendo o critério usado neste trabalho para definir o início e final (físico) de cada equipamento (agregando simplicidade).

3.3 Definir as condições de contorno

Em 2017, Moura ressalta que para determinado tipo de evento, aproximadamente 80% dos efeitos vêm de 20% das causas. Considerando como efeitos os acidentes e como causas os riscos, entende-se que controlando-se 20% dos riscos mais críticos, elimina-se 80% dos acidentes. Entende-se neste estudo que os riscos críticos estão associados ao equipamento (ou parte do processo) mais crítico. Para realizar essa classificação de criticidade, a ferramenta utilizada foi a Análise Hierárquica do Processo (AHP) criada por Saaty em 2008.

O AHP foi conceitualizado no artigo intitulado “Tomada de decisão através da análise hierárquica de processo” e ele é constituído dos seguintes passos:

1. Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento necessário (realizado nas seções 3.1 e 3.2 deste estudo);

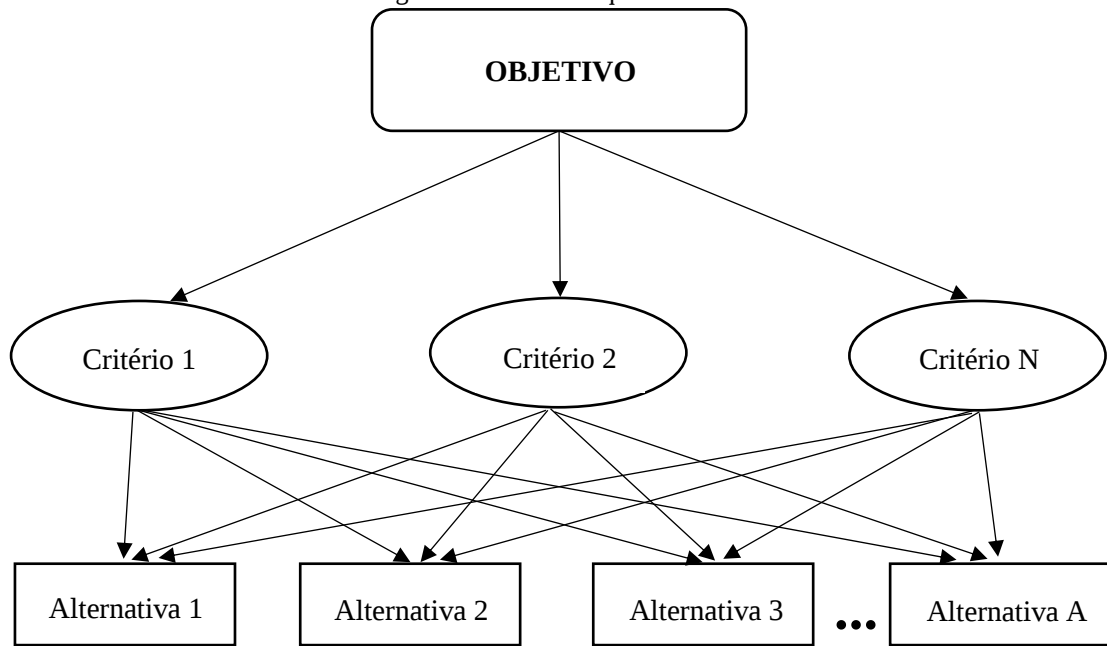
2. Estruturar a decisão com o objetivo em primeiro nível, critérios de decisão em segundo e alternativas referentes aos critérios em terceiro;
3. Construir as matrizes de comparação;
4. Comparar os critérios entre si (dois a dois) em relação ao objetivo e as alternativas (duas a duas) em relação a cada critério, avaliando numericamente e obtendo como prioritário a alternativa que apresentar maior peso.

Para a definição dos critérios para a análise do equipamento crítico nesse trabalho, a cultura da empresa onde foi realizado o caso de estudo e as recomendações da OSHA para ordenação e avaliação dos procedimentos críticos mencionados na revisão de literatura foram levados em consideração, resultando em cinco critérios:

1. Segurança – Avaliação qualitativa realizada junto com os engenheiros de processo e operadores de quais equipamentos são considerados mais seguros (também baseado em históricos recentes de acidentes);
2. Impactos no meio ambiente – Existência ou não de riscos de contaminação do meio ambiente e formação de resíduos ou coprodutos gerados pelo equipamento;
3. Impactos de manutenção – Impacto da parada do equipamento para manutenção corretiva ou preventiva dentro da cadeia produtiva;
4. Interação com o equipamento – São mais críticos os equipamentos que necessitam de maiores quantidades de intervenções humanas durante os turnos de operação (baseado nos princípios de ordenação da OSHA);
5. Complexidade de operação – São mais críticos os equipamentos que exigem habilidades ou qualificações específicas. (baseado nos princípios de criticidade da OSHA).

Para a escolha das alternativas, usou-se a divisão adotada no DBF, adicionando uma divisão a mais na última etapa (enroladeiras), pois o processo em estudo apresenta dois tipos de máquina nesta etapa que, apesar de apresentarem o mesmo bloco no DBF, têm movimentos diferentes. Na escolha dos valores de alimentação dos cálculos, foi levado em conta o conhecimento técnico da equipe de trabalho da área (operadores e engenheiros de processo). Para a estruturação do Saaty é usada a esquematização representada na figura 4 e a escala para comparação entre os critérios e as alternativas está descrita no quadro 13, onde “N” é o número de critérios e “A” o de alternativas.

Figura 4 – Modelo esquemático da AHP



FONTE: Adaptado de Saaty (2008)

Quadro 13 – Escala de comparação da AHP

Intensidade de importância	Definição
1	Igual importância
2	Levemente mais importante
3	Moderadamente importante
4	Moderadamente a mais importante
5	Mais importante
6	Mais importante a fortemente mais importante
7	Fortemente mais importante
8	Fortemente mais importante a extrema importância
9	Extrema importância

FONTE: Adaptado de Saaty (2008)

Prossegue-se com a montagem da primeira matriz que compara os critérios de classificação entre si conforme descrito no quadro 14 e figura 5. O modo de leitura de todas as tabelas de comparação será da linha para a coluna conforme seta indicativa do quadro 14. Lê-se neste caso: “O critério 2 é 1/x vezes mais importante que o critério 1 em relação ao objetivo” (quadro 14).

Quadro 14 – Comparação dos critérios

OBJETIVO	CRITÉRIO 1	CRITÉRIO 2	CRITÉRIO N
CRITÉRIO 1	1	1/x	1/y
CRITÉRIO 2	x	1	1/p
CRITÉRIO N	y	p	1

FONTE: Adaptado de Saaty (2008)

Figura 5 – Matriz de comparação dos critérios

1	1/x	1/y
x	1	1/p
y	p	1

FONTE: Adaptado de Saaty (2008)

Vale ressaltar que um critério em relação a ele mesmo tem peso neutro (1) – assim a diagonal sempre é preenchida pelo número 1 – e que a comparação deve ser feita levando em consideração que se um critério A tem peso x em relação a B, o critério B tem peso $1/x$ em relação ao critério A. Essa tabela é montada em forma de matriz para os cálculos de consistência e pesos ponderados.

Recorrendo à definição de autovalores, diz-se que um vetor não nulo “ $\mathbf{v}$ ” é um autovetor de $\mathbf{T}$ se existe um número real λ tal que $\mathbf{T} = \lambda \mathbf{v}$. Em tal caso, λ é o autovalor associado ao autovetor $\mathbf{v}$ (PELLEGRINI, 2015). Assim, é possível calcular o autovalor máximo ($\lambda_{\text{máximo}}$) da matriz e verificar sua consistência, utilizando a equação 1, onde “IC” é o índice de consistência e “ n ” é a ordem da matriz.

$$IC = (\lambda_{\text{máximo}} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

Em seguida, chega-se à razão de consistência (RC), conforme a equação 2, onde RI é o índice de randomização proposto por Saaty como 1,24.

$$RC = IC / RI \quad (2)$$

RC deve ser menor do que 0,1 para a matriz ser considerada consistente, sendo esta premissa indispensável para continuação dos cálculos. O próximo passo é o cálculo dos pesos dado pela média aritmética das colunas da matriz, conforme calculado pelas equações 3 a 10.

$$W_1 = (1 + x + y) / n \quad (3)$$

$$W_2 = (1/x + 1 + p) / n \quad (4)$$

$$W_N = (1/y + 1/p + 1) / n \quad (5)$$

$$W = W_1 + W_2 + W_N \quad (6)$$

$$w_1 = W_1 / W \quad (7)$$

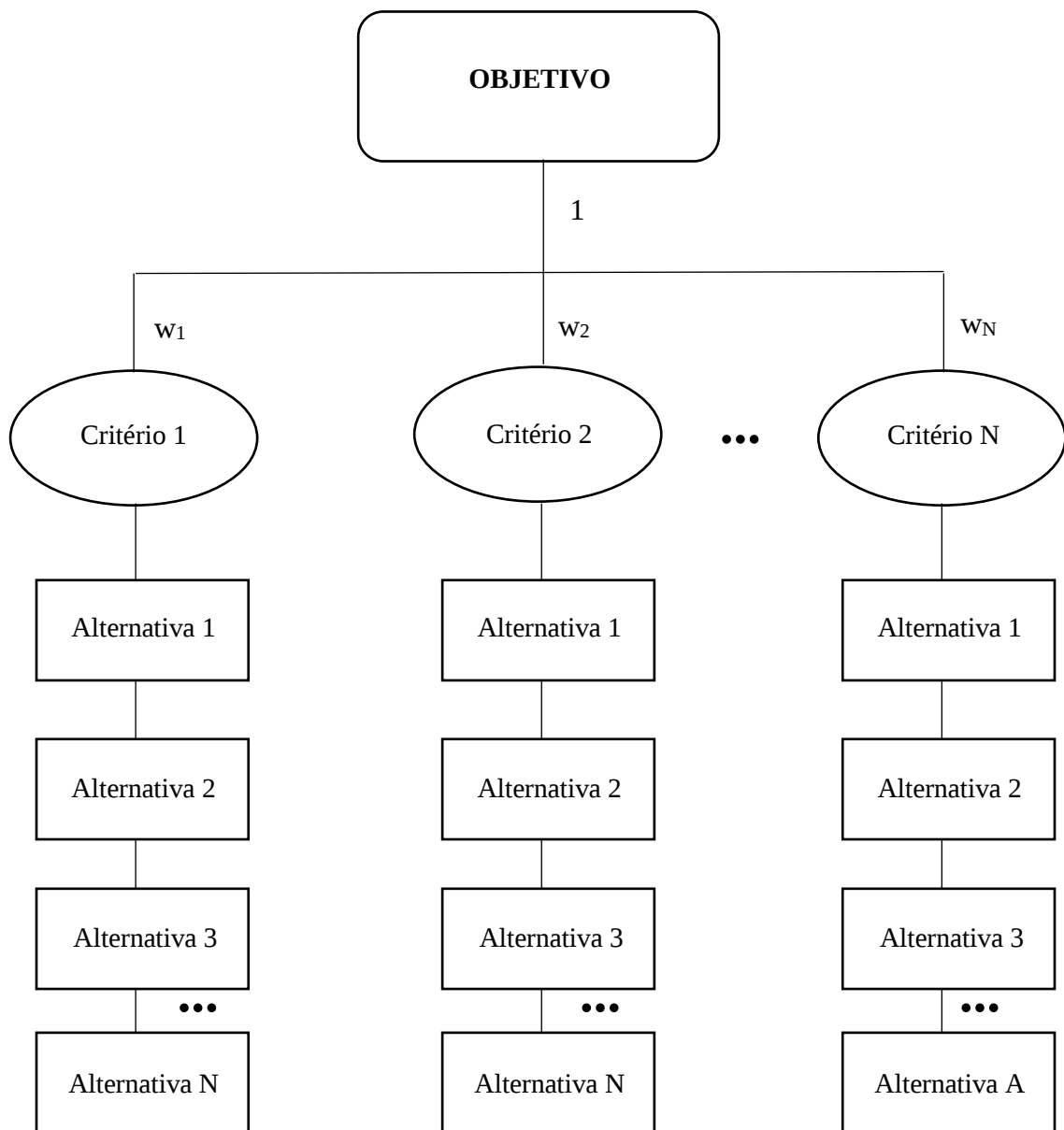
$$w_2 = W_2 / W \quad (8)$$

$$w_N = W_N / W \quad (9)$$

$$w = w_1 + w_2 + w_N = 1 \quad (10)$$

Portanto, os pesos dos critérios 1, 2 e N são w_1 , w_2 e w_N , respectivamente. Os resultados são apresentados na figura 6, onde “N” é o número de critérios e “A” o número de alternativas.

Figura 6 – Diagrama dos critérios com pesos



FONTE: Adaptado de Saaty (2008)

Em seguida, são compostas as matrizes para comparação das alternativas entre si, em relação a cada critério, seguindo o mesmo procedimento definido anteriormente, sendo descrito no quadro 15 e na figura 7, onde “A” é o número de alternativas.

Quadro 15 – Comparação das alternativas

CRITÉRIO 1	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA A
ALTERNATIVA 1	1	1/x	1/y	1/z
ALTERNATIVA 2	x	1	1/w	1/k
ALTERNATIVA 3	y	w	1	1/a
ALTERNATIVA A	z	k	a	1

FONTE: Adaptado de Saaty (2008)

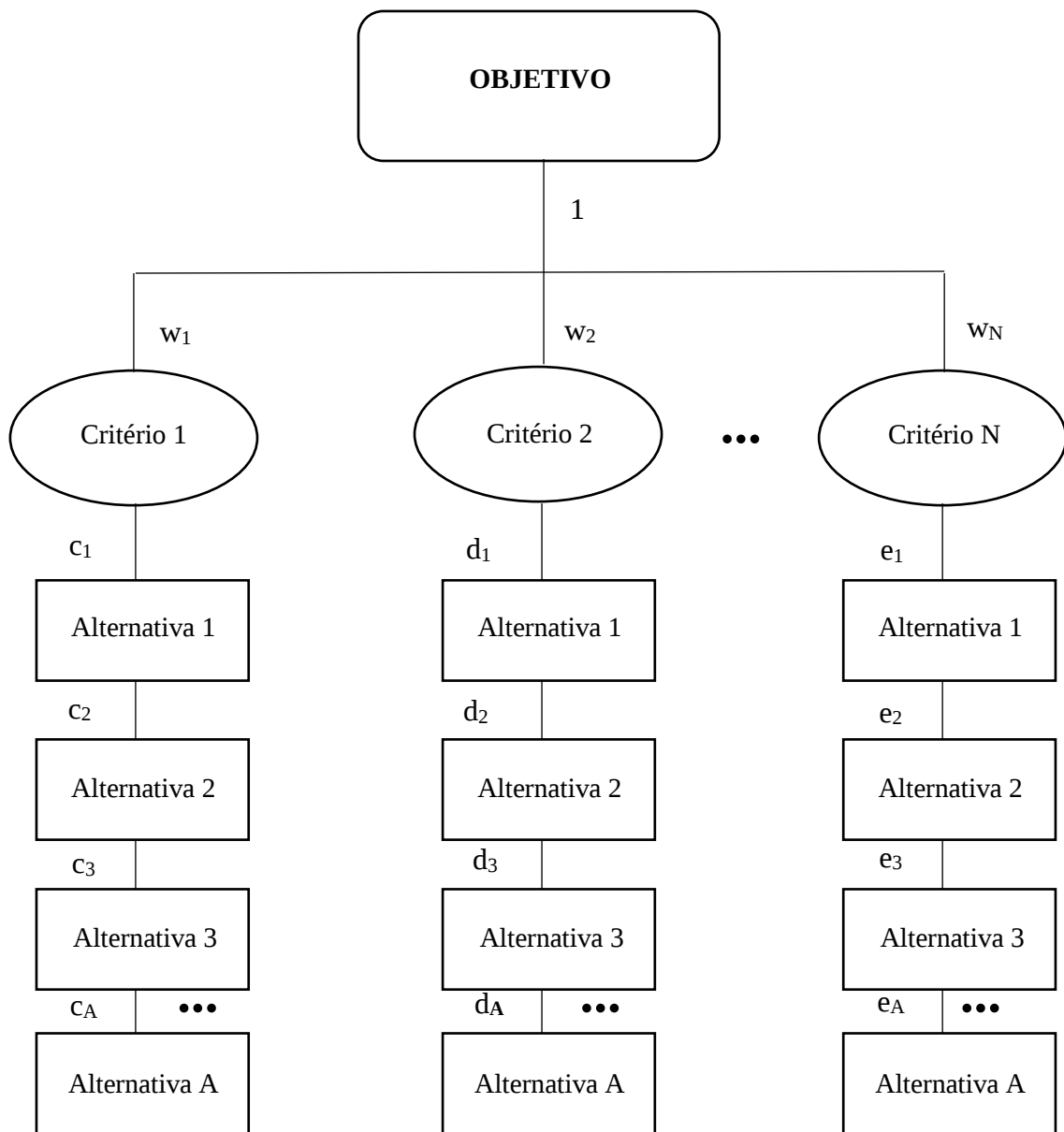
Figura 7 – Matriz de comparação das alternativas

1	1/x	1/y	1/z
x	1	1/w	1/k
y	w	1	1/a
z	k	a	1

FONTE: Adaptado de Saaty (2008)

Calcula-se o autovalor máximo, o índice de consistência e a razão de consistência (que também deve ser menor do que 0,1) da mesma maneira mencionada para os critérios. Por fim, chegam-se aos pesos ponderados de cada alternativa. Repete-se o procedimento para todos os critérios, chegando-se aos pesos ponderados das alternativas em relação a cada critério. Assim, obtêm-se os resultados conforme segue na figura 8, onde “N” é o número de critérios e “A” o de alternativas.

Figura 8 – Diagramas dos critérios e alternativas com pesos



FONTE: Adaptado de Saaty (2008)

Para definir a alternativa crítica, esses resultados devem ser compilados na matriz A (matriz ponderada dos critérios) e B (matriz ponderada das alternativas) e multiplicados entre si, resultando na alternativa crítica em relação ao objetivo, conforme apresentado na figura 9 e equação 11.

Figura 9 – Matrizes de resultados AHP

$$\begin{aligned}
 A &= \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} & B &= \begin{bmatrix} c_1 & d_1 & e_1 \\ c_2 & d_2 & e_2 \\ c_3 & d_3 & e_3 \\ c_A & d_A & e_A \end{bmatrix} \\
 B \times A &= \begin{bmatrix} c_1 & d_1 & e_1 \\ c_2 & d_2 & e_2 \\ c_3 & d_3 & e_3 \\ c_A & d_A & e_A \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} \\
 B \times A &= \begin{bmatrix} c_1 w_1 + d_1 w_2 + e_1 w_N \\ c_2 w_1 + d_2 w_2 + e_2 w_N \\ c_3 w_1 + d_3 w_2 + e_3 w_N \\ c_A w_1 + d_A w_2 + e_A w_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Alternativa 1} \\ \text{Alternativa 2} \\ \text{Alternativa 3} \\ \text{Alternativa A} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

FONTE: Adaptado de Saaty (2008).

A alternativa crítica então é definida por:

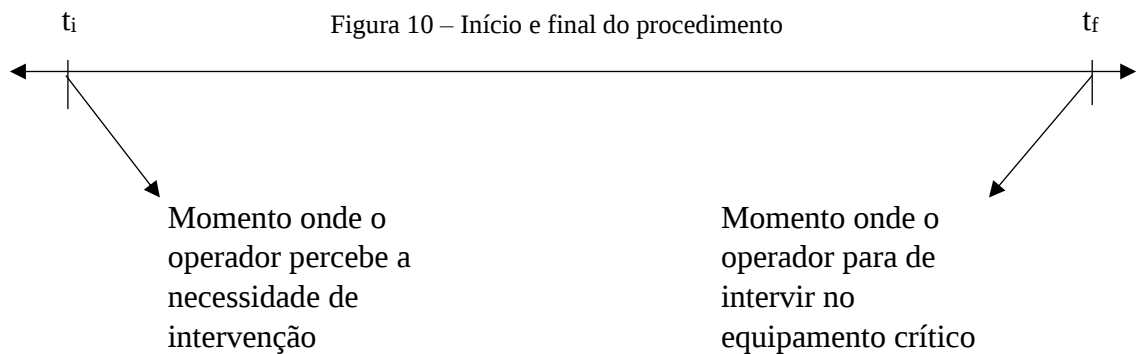
$$\text{MÁX} \{ \text{Alternativa 1, Alternativa 2, Alternativa 3, Alternativa A} \} \quad (11)$$

Há diversos softwares que auxiliam nos cálculos da AHP. Para os fins desse trabalho, foi escolhido o *Super Decisions*. Dada a definição do equipamento crítico, deve-se escolher um

dos procedimentos para a aplicação da AST. O procedimento deve ser correlacionado ao equipamento crítico, sendo preferível um dos que sejam realizados com maior frequência.

3.4 Análise de segurança da tarefa

Para agregar simplicidade à análise, deve-se parametrizar o início e o final do procedimento. Para este caso de estudo, o critério utilizado foi o tempo de realização do procedimento, que tem como início o momento em que o operador percebe a necessidade de intervenção e como final o momento em que ele termina de realizar a intervenção no equipamento crítico, conforme figura 10.



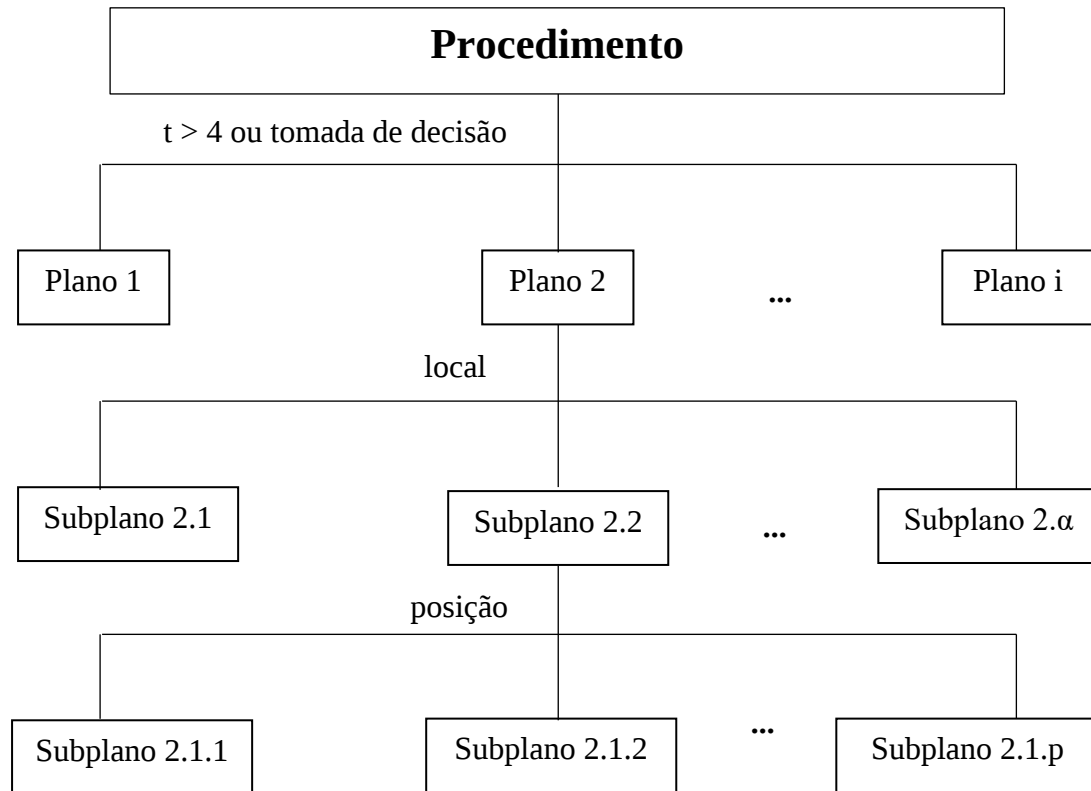
FONTE: O Autor (2019)

Em seguida, deve-se realizar a divisão do procedimento em atividades ou planos através da análise de hierarquização da tarefa (AHT). Para montar a AHT, foram adotados dois critérios: partes do procedimento com mais de quatro minutos constituem um plano e momentos onde há tomada de decisão (momentos onde o operador deve escolher entre realizar um bloco de ações ou outro dependendo do cenário na realização). Para a divisão das atividades em sub-planos de primeiro nível, adotou-se como critério de separação a necessidade de mudança no local de intervenção (intervenção em locais diferentes do equipamento). Por fim, dentro de cada sub-plano de primeiro nível considerou-se que mudanças no posicionamento do operador em relação ao equipamento devem constituir critério de separação em sub-plano do segundo nível.

Inicialmente, o procedimento deve ser estruturado visualmente, mostrando as relações entre os planos, sub-planos de primeiro nível e sub-planos de segundo nível conforme segue na figura 11, onde “i” é o número de planos, “α” o de sub-planos do primeiro nível e “p” o de sub-planos do segundo nível. Para construção da divisão, deve-se observar da realização do

procedimento por diferentes operadores e a avaliação é realizada pela equipe formada pelos engenheiros de processo e operadores envolvidos.

Figura 11 – Divisão esquemática do procedimento



FONTE: O Autor (2019)

Logo depois, deve-se especificar os planos, descrevendo cada um deles e as relações que eles estabelecem entre si, detalhando a sequência de realização. Essa especificação deve ser feita em tabela conforme modelo representado no quadro 16, onde “ α ” e “ p ” é o número de sub-planos de primeiro nível e de segundo nível, respectivamente.

Quadro 16 – Modelo para descrição das atividades

Plano 1: Preparação
De 1.1 a 1. α
1.2 pode ser realizado antes de 1.1
1. α só pode ser realizado após 1.1
1.1: Sub-plano nível 1 inicial
1.1.1: Sub-plano nível 2 inicial de 1.1
1.1.p: Sub-plano nível 2 final de 1.1
1.2: Verificação inicial
1. α : Última atividade realizada no primeiro plano

FONTE: O Autor (2019)

Após montar a hierarquização do procedimento, prossegue-se com a análise dos riscos e medidas de controle associados aos planos e sub-planos. O quadro utilizado será similar ao modelo apresentado no quadro 17.

Quadro 17 – Modelo de procedimento

PROCEDIMENTO		Página 1/N	
Delimitação do equipamento: O equipamento começa no ponto 1 e termina no 3			
Delimitação do procedimento: Em qual momento começa e termina o procedimento			
Descrição do procedimento: Atividades do procedimento			
Sequência de etapas		Riscos identificados	Ações de controle
Plano	Sub-planos (nível ou 2)	Risco	Medida

FONTE: O Autor (2019)

3.5 Avaliar os fatores de desempenho

Reason, em 1990, define erro como uma ação tomada que não atinge o objetivo para o qual foi planejado. Além disso, divide o erro em duas partes: erros ocasionados por elaboração (planejamento) incorreta de procedimentos (chamadas enganos) e erros provocados por falhas no entendimento das instruções juntamente ou não com desvios na memorização das atividades. (SLAVUTZKI, 2010 apud REASON 1990)

Já Rasmussen, em 2003, mostra que o erro está relacionado aos níveis de desempenho na realização das atividades, havendo diversas variáveis que podem provocar o erro em cada nível de desempenho.

O primeiro nível é baseado em habilidade, que consiste em padrões memorizados e instruções anteriormente estabelecidas. As variações de força, espaço e coordenação motora podem causar erros neste nível. O segundo nível é baseado em problemas comuns com soluções conhecidas, que utiliza regras de escolha, envolvendo soluções estabelecidas através de fluxos condicionais (“se” o problema for do modo um, “então” aja da maneira um, “senão” haja da maneira dois). Neste patamar, os erros acontecem por aplicação incorreta das regras. O terceiro nível é baseado em conhecimento. Neste nível não existem situações anteriores para embasar o entendimento e uso de procedimentos e necessita-se de um planejamento realizado no momento da ação, recorrendo a comparação com situações anteriores e conhecimento já existente. Erros aqui são provocados pela falha estrutural de análise feita no planejamento ou falta de conhecimento. Os níveis são apresentados de forma esquemática no quadro 18.

Quadro 18 – Tipos de erro

Nível	Baseado em	Tipo de erro
Habilidade	Instruções e padrões	Variações no controle físico durante as atividades
Regras de escolha	Escolhas feitas através de fluxo	Noção incorreta do tipo de regra a aplicar
Conhecimento	Conhecimento e análises estruturadas	Falhas na estruturação da análise ou no conhecimento prévio

FONTE: Rasmussen (2003)

Os níveis de desempenho também são abordados pela OGP (Associação Internacional de Produtores de Petróleo e Gás), que se aprofunda no estudo recorrendo sobre os fatores que podem causar o erro humano dentro de cada nível de desempenho. Esses fatores são chamados fatores de desempenho e são sintetizados por Theobald & Lima (2007) como:

1. Fatores físicos: Instalações e equipamentos – Locais de trabalho, confiabilidade, manutenção, características físicas e de projeto;
2. Fatores sistêmicos: Sistemas de gestão – Comprometimento gerencial, identificação e gerenciamento de riscos, planejamento de procedimentos;
3. Fator humano: Características humanas e comportamento, aptidão física e mental, cansaço, fadiga, estresse. (THEOBALD & LIMA, 2007)

Esses fatores necessitam compor o planejamento do procedimento para diminuir as chances de erros de execução. Para este estudo, consideram-se como fatores de desempenho:

1. Fatores externos (físicos)

Características do local: Toda estruturação física que possa interferir de maneira direta ou indireta na execução do procedimento;

Qualidade do ambiente: Fatores ambientais aos quais o operador estará envolvido durante a execução do procedimento;

Fatores organizacionais (sistêmicos): Parte do clima organizacional da empresa que interfere diretamente na a execução do procedimento;

Características do procedimento e equipamento: Modo pelo qual o procedimento é realizado, assim como o nível de complexidade que a operação do equipamento exige.

2. Fatores estressantes (humanos)

Fatores psicológicos: Variáveis de caráter psicológico que interferem no nível de atenção do operador. São fatores que podem ter características diferentes a cada dia ou mesmo mudanças significativas ao longo de um mesmo turno de trabalho;

Fatores fisiológicos: Variáveis de caráter físico e necessidades fisiológicas que podem interferir no nível de atenção do operador.

3. Fatores internos (humanos)

Variáveis intrínsecas de cada operador adquiridas ao longo de suas vivências dentro e fora da empresa.

3.5 Revisar o procedimento

Para fechar o ciclo de estudo, reescreve-se o procedimento antigo, elaborado através da experiência e histórico de acidentes, considerando os três pressupostos da análise sistemática e os fatores de desempenho.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

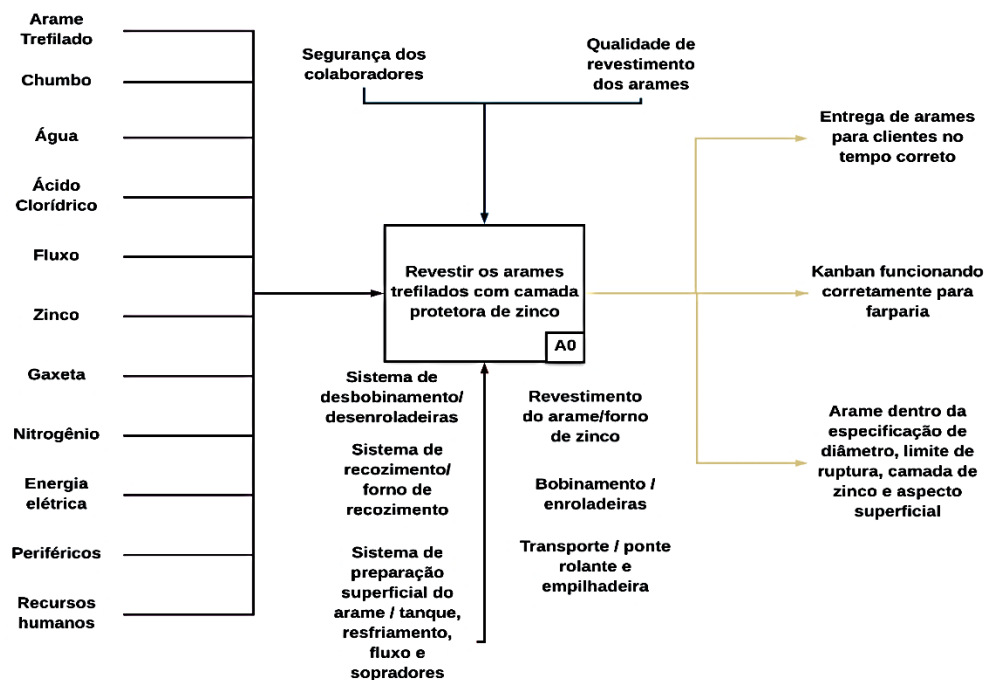
Os resultados a seguir foram obtidos conforme a metodologia apresentada anteriormente.

4.1 Diagrama de blocos da galvanização

O objetivo da galvanização é revestir os arames trefilados com camada protetora de zinco para evitar a oxidação e desgaste do aço. Esse processo químico é um dos mais utilizados na indústria atualmente, podendo ocorrer por eletrodeposição, utilizando o princípio de diferença de potencial) ou por imersão a quente (mergulhando o produto a ser galvanizado em um banho de zinco líquido).

O processo inicia-se com o arame trefilado (matéria-prima) que passa pelas etapas de desbobinamento, recozimento, resfriamento, decapagem química, lavagem e fluxagem até entrar na etapa central de galvanização, também denominada zincagem. Então obtém-se o arame galvanizado que é bobinado, testado e transportado para os clientes (externos ou internos). O fluxo simplificado está representado na figura 12.

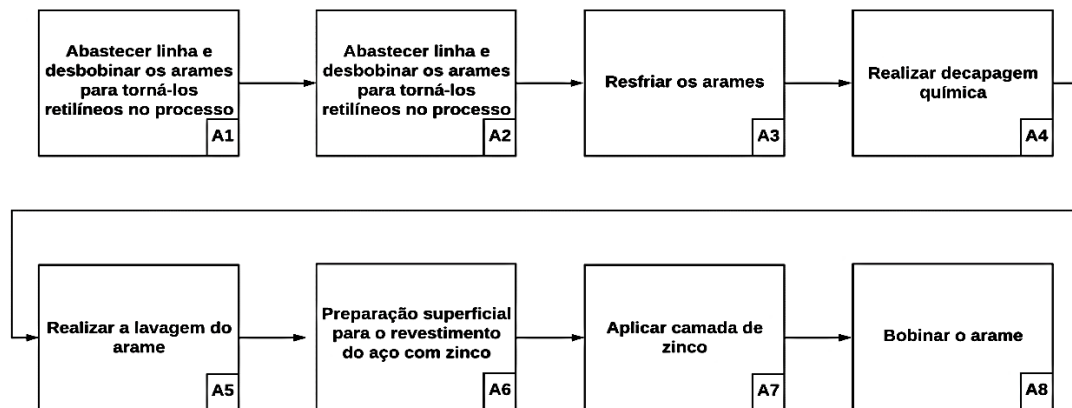
Figura 12 – Diagrama de blocos resumido galvanização



FONTE: O Autor (2019)

As etapas do processo seguem como especificadas no diagrama da figura 13. O detalhamento de cada uma delas individualmente é feita em tópicos logo em seguida. O diagrama expandido completo com todas as correlações encontra-se nos apêndices do trabalho para consulta (apêndice A).

Figura 13 – Correlações do diagrama de blocos

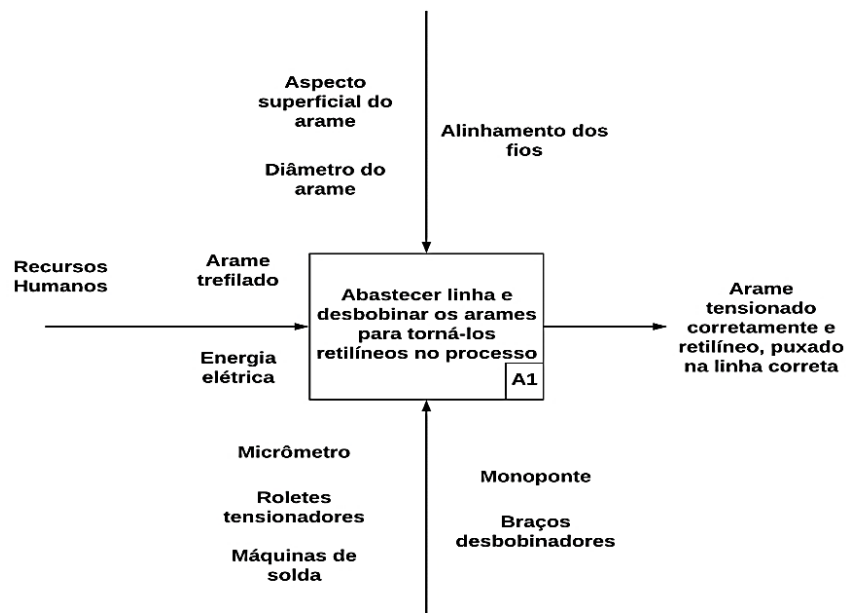


FONTE: O Autor (2019)

4.1.1 Desbobinamento

A primeira etapa do processo, feita através das desenroladeiras, consiste em desenrolar os arames trefilados que chegam como matéria-prima para torná-los retilíneos, propiciando a entrada destes no sistema e a passagem por todos os pontos do processo. Este esquema é apresentado na figura 14.

Figura 14 – Diagrama de blocos A1

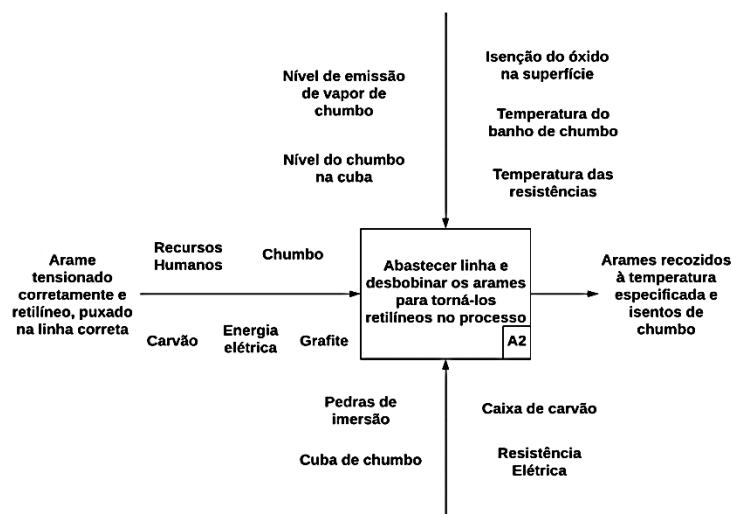


FONTE: O Autor (2019)

4.1.2 Tratamento térmico

A segunda etapa tem por objetivo regular a carga de ruptura dos arames, preparando-os para as etapas posteriores e é composta de uma cuba contendo chumbo líquido onde a matéria-prima mergulha. O equipamento onde acontece esta etapa é o forno de chumbo. O esquema deste processo é representado na figura 15.

Figura 15 – Diagrama de blocos A2

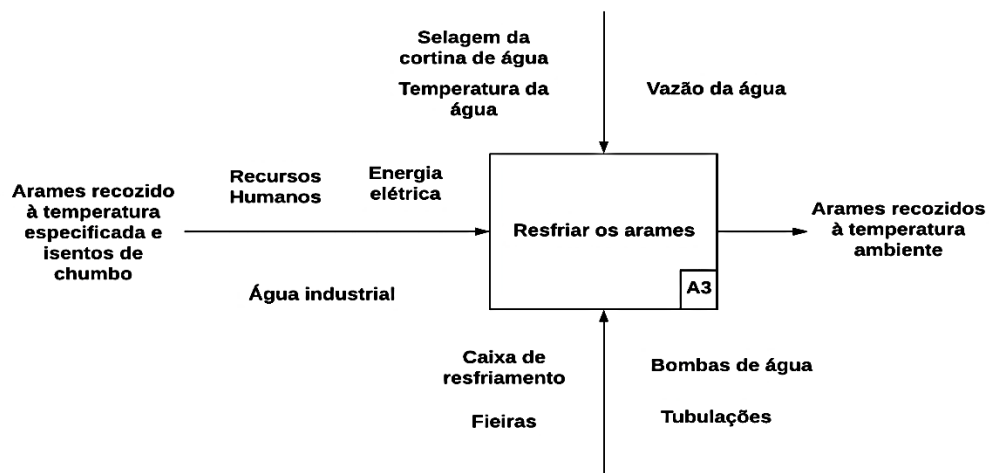


FONTE: O Autor (2019)

4.1.3 Resfriamento

Logo após o aquecimento para o tratamento térmico no forno de chumbo, é necessário o resfriamento do aço até a temperatura ambiente antes de sua entrada na decapagem para evitar a evaporação dos produtos químicos seguintes no processo. Esta parte constitui-se de um sistema de recirculação de água. O esquema deste processo é apresentado na figura 16.

Figura 16 – Diagrama de blocos A3

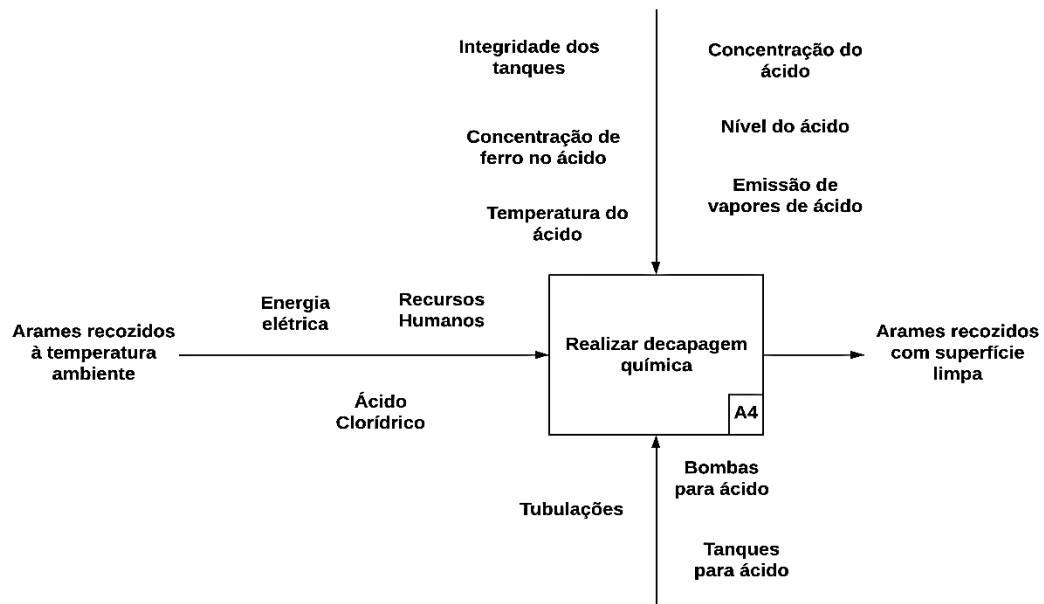


FONTE: O Autor (2019)

4.1.4 Decapagem química

O arame recém recozido que sai da etapa A2, por conta da sua temperatura, reage rapidamente com o ar atmosférico e forma óxido superficial. A decapagem serve como limpeza da superfície contra essa formação e de preparação para a continuação do processo, sendo fundamental para que o zinco possa reagir com a interface de ferro do aço. Constitui-se de um banho de ácido clorídrico dentro de um tanque fechado e isolado por cortinas de água em suas extremidades. O esquema desta etapa é apresentado na figura 17.

Figura 17 – Diagrama de blocos A4

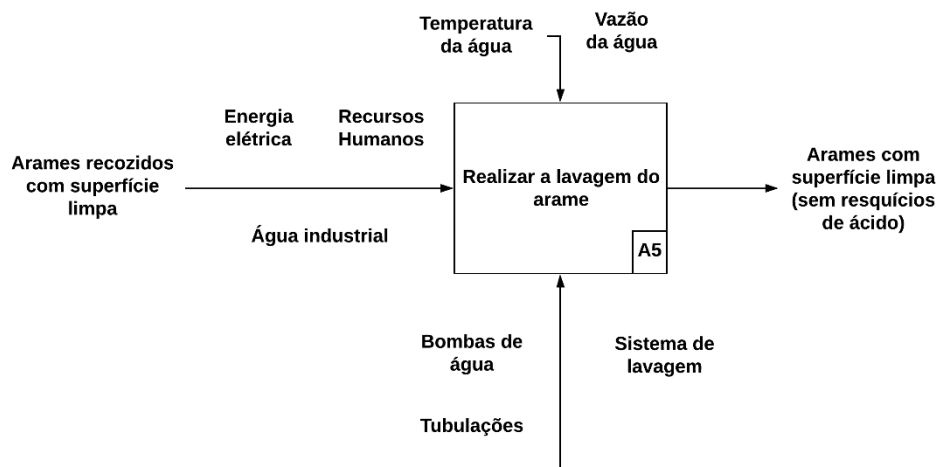


FONTE: O Autor (2019)

4.1.5 Lavagem

Após a etapa de imersão, o ácido precisa ser retirado da superfície dos arames para evitar a contaminação dos produtos químicos que realizam a preparação superficial do aço. A lavagem utiliza água industrial para esse fim, atuando como preparatório para o próximo passo. O esquema desse passo é apresentado na figura 18.

Figura 18 – Diagrama de blocos A5

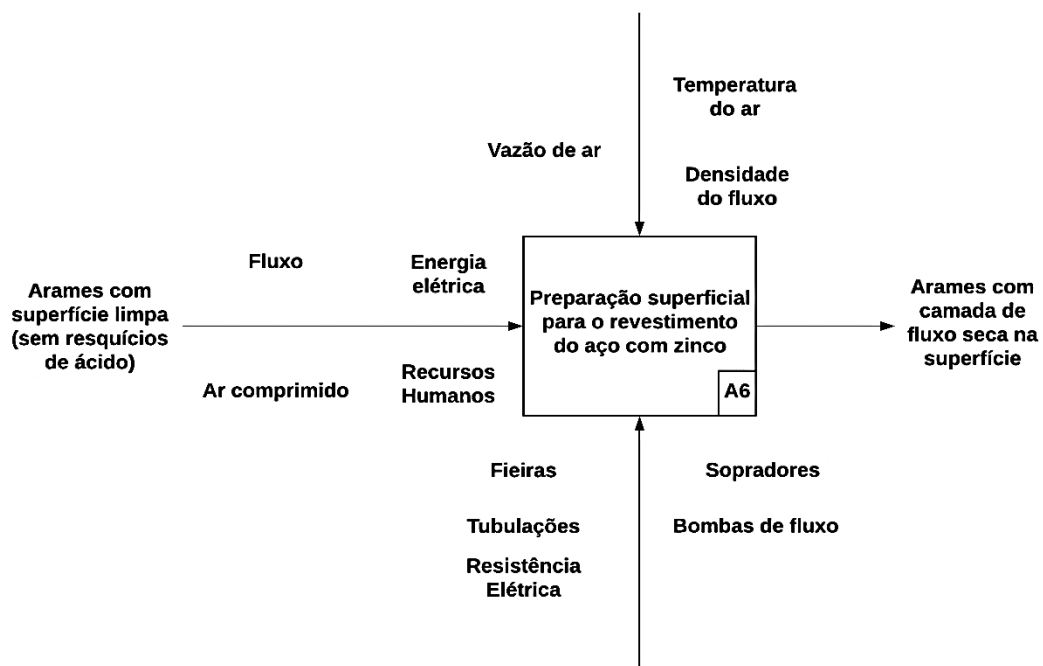


FONTE: O Autor (2019)

4.1.6 Preparação superficial

Também chamada de fluxagem o objetivo desta etapa é proporcionar a reação do zinco com a superfície do aço, sendo preciso uma camada de produto denominado fluxo, que realiza a interface de aderência entre os dois. Esta camada deve estar seca e uniforme em todo o arame antes da entrada no forno. O esquema desse passo é apresentado na figura 19.

Figura 19 – Diagrama de blocos A6

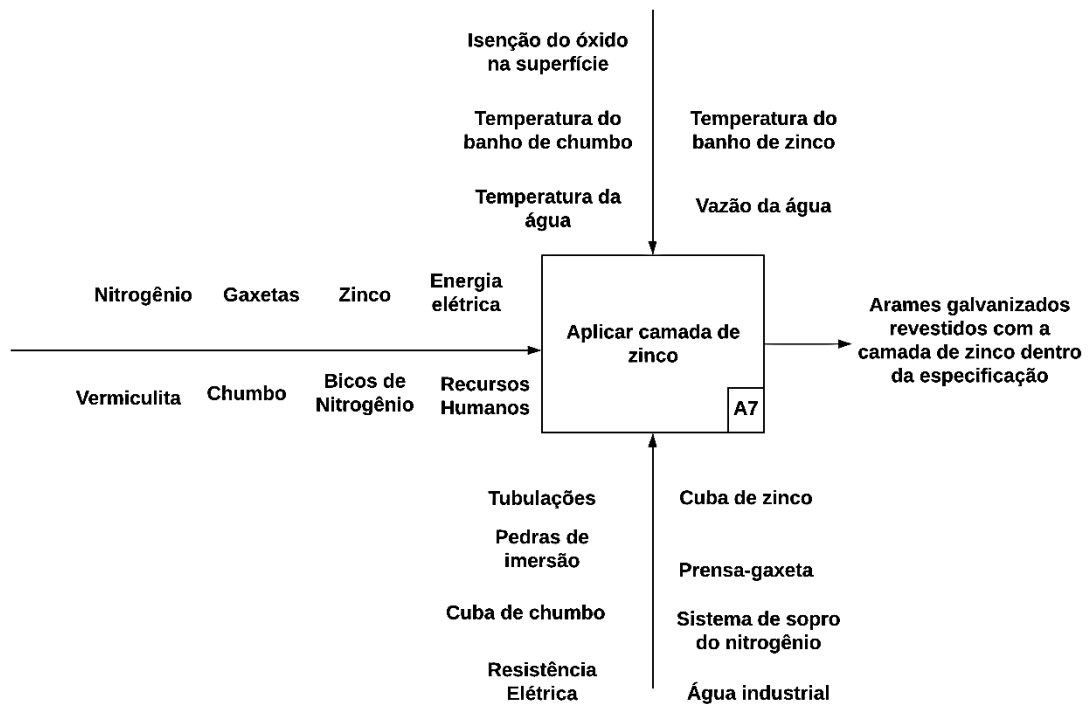


FONTE: O Autor (2019)

4.1.7 Zincagem

Esta é a parte do processo onde o arame é revestido com a camada de zinco no forno de zinco. Principal etapa de agregação de valor do processo, para a qual todas as outras foram implementadas. O forno de trabalho com zinco líquido. O esquema desta etapa é apresentado na figura 20.

Figura 20 – Diagrama de blocos A7

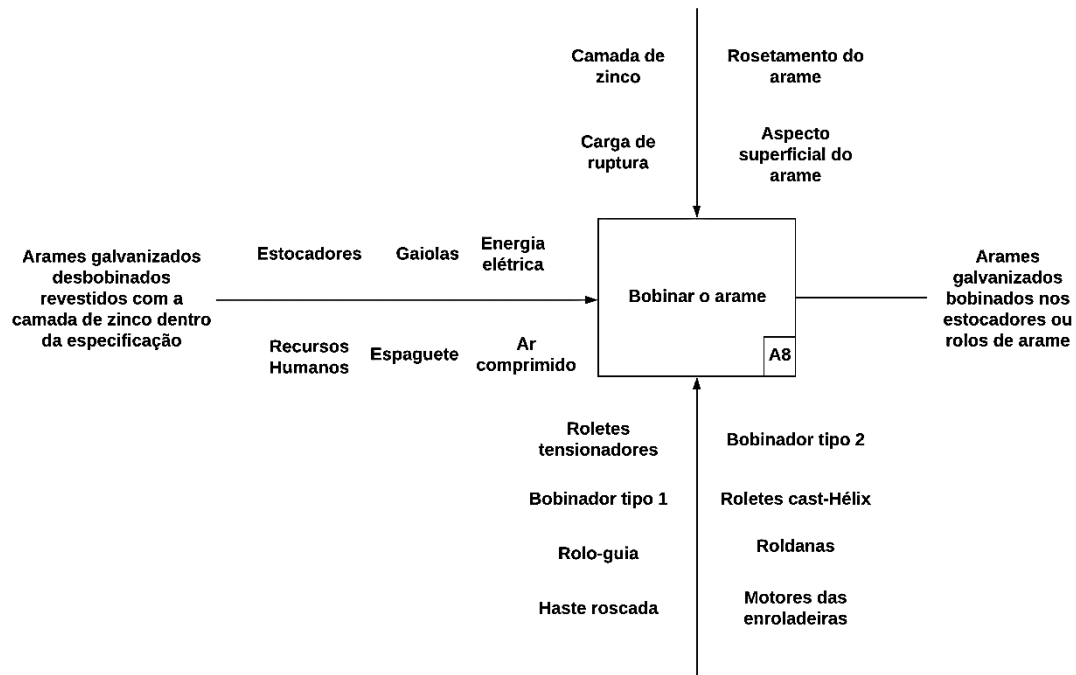


FONTE: O Autor (2019)

4.1.8 Bobinamento

Para o transporte do produto ser viável após a aplicação da camada de zinco, os arames são bobinados em estocadores ou rolos através de máquinas de dois tipos, chamadas enroladeiras. Essa é a etapa final para a produção dos galvanizados. Há dois tipos de máquina que executam as mesmas funções e têm as mesmas características, porém apresentam sentidos diferentes de enrolamento (enroladeiras tipo 1 e tipo 2). As enroladeiras são representadas nessa etapa, como descrito na figura 21.

Figura 21 – Diagrama de blocos A8

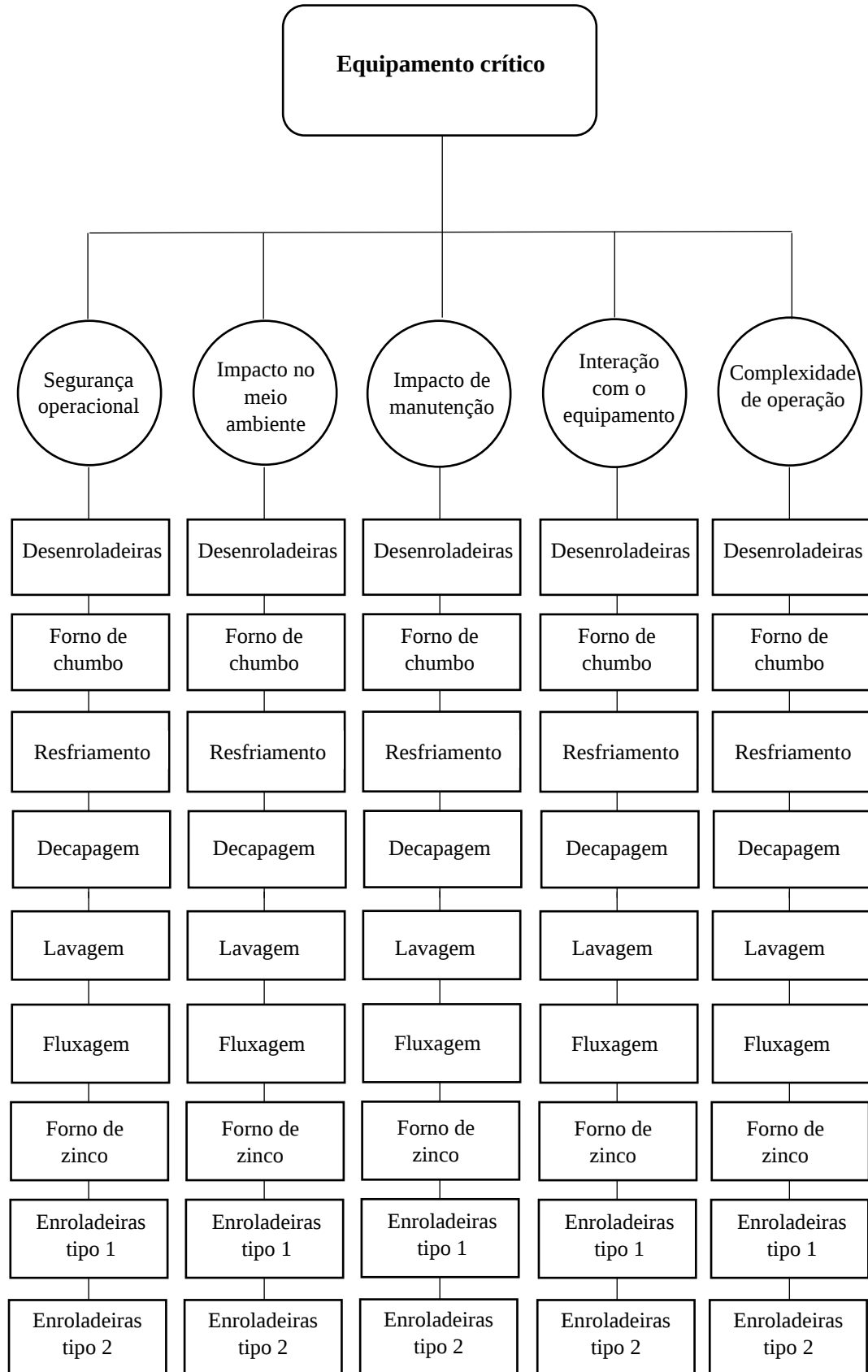


FONTE: O Autor (2019)

4.2 Definição do equipamento crítico e do procedimento de estudo

Para definir o equipamento crítico, recorre-se a AHP, adotando os critérios descritos na metodologia. As alternativas vêm do diagrama de blocos funcionais, onde a oitava etapa é dividida em duas alternativas (enroladeira do tipo 1 e enroladeira do tipo 2), pois apesar de serem equivalentes em entradas, controles, função e saídas, a forma como realizam o enrolamento é diferente e a forma de operar também, constituindo riscos diferentes, optando-se por separá-los em duas alternativas distintas para a AHP. O esquema completo é mostrado na figura 22.

Figura 22 – Diagrama esquemático AHP da galvanização



FONTE: O Autor (2019)

Dados os critérios e alternativas, os dados são alimentados no *Super Decisions 3.0*, iniciando com a comparação entre os critérios, conforme valores² do quadro 19. As imagens referentes ao processo de cálculo seguido no software estão nos apêndices do trabalho, conforme indicado nos quadros e figuras.

Quadro 19 – Fatores de comparação dos critérios

Equipamento crítico	Segurança operacional	Impacto no meio ambiente	Impacto de manutenção	Interação com o equipamento	Complexidade de operação
Segurança operacional	1	1/3	1/9	1/6	1/9
Impacto no meio ambiente	3	1	1/7	1/4	1/5
Impacto de manutenção	9	7	1	5	5
Interação com o equipamento	6	4	1/5	1	1/2
Complexidade de operação	9	5	1/5	2	1

FONTE: O Autor (2019)

A matriz dos critérios apresenta $IC = 0,08359$ e a matriz de pesos ponderados é representada na figura 23, com os resultados apresentados na figura 24.

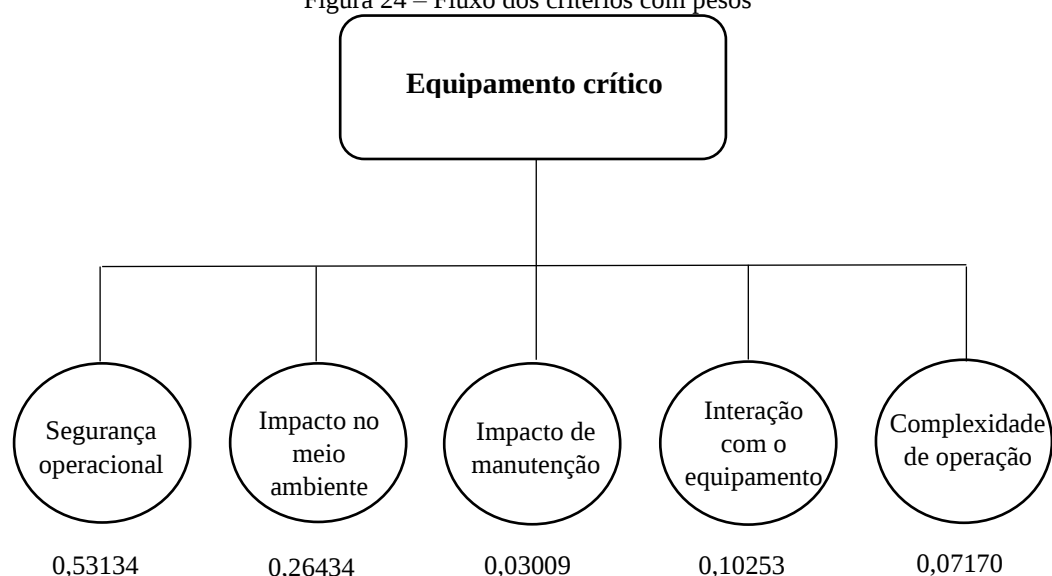
Figura 23 – Matriz dos pesos – critérios

0,53134
0,26434
0,03009
0,10253
0,07170

FONTE: O Autor (2019)

² Os valores foram propostos em conjunto com engenheiro de processo e operadores da área.

Figura 24 – Fluxo dos critérios com pesos



FONTE: O Autor (2019)

Em seguida, temos a comparação das alternativas uma a uma em relação aos critérios. Seguem os quadros 19 a 23 com as comparações das alternativas.

Quadro 20 – Fatores de comparação das alternativas (1)

Segurança operacional	Desenroladeiras	Forno de chumbo	Resfriamento	Decapagem	Lavagem	Fluxagem	Forno de zinco	Enroladeira tipo 1	Enroladeira tipo 2
Desenroladeiras	1	7	1/7	4	1/7	1/3	6	1	1/5
Forno de chumbo	1/7	1	1/9	1/4	1/9	1/3	1/2	1/7	1/3
Resfriamento	7	9	1	7	1	6	9	4	7
Decapagem	1/4	4	1/7	1	1/5	1/2	3	1/3	2
Lavagem	7	9	1	5	1	5	7	3	5
Fluxagem	3	3	1/6	2	1/5	1	4	1/2	5
Forno de zinco	1/6	2	1/9	1/3	1/7	1/4	1	1/6	1/5
Enroladeira tipo 1	1	7	1/4	3	1/3	2	6	1	7
Enroladeira tipo 2	1/5	3	1/7	1/2	1/5	1/5	5	1/7	1

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 21 – Fatores de comparação das alternativas (2)

Impacto no meio ambiente	Desenroladeiras	Forno de chumbo	Resfriamento	Decapagem	Lavagem	Fluxagem	Forno de zinco	Enroladeira tipo 1	Enroladeira tipo 2
Desenroladeiras	1	8	1/2	6	4	6	7	1	1
Forno de chumbo	1/8	1	1/8	1/5	1/7	1/5	1/3	1/8	1/8
Resfriamento	2	8	1	5	2	5	8	2	2
Decapagem	1/6	5	1/5	1	1/5	1	3	1/7	1/7
Lavagem	1/4	7	1/2	5	1	5	7	3	3
Fluxagem	1/6	5	1/5	1	1/5	1	3	1/6	1/6
Forno de zinco	1/7	3	1/8	1/3	1/7	1/3	1	1/8	1/8
Enroladeira tipo 1	1	8	1/2	7	1/3	6	8	1	1
Enroladeira tipo 2	1	8	1/2	7	1/3	6	8	1	1

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 22 – Fatores de comparação das alternativas (3)

Impacto de manutenção	Desenroladeiras	Forno de chumbo	Resfriamento	Decapagem	Lavagem	Fluxagem	Forno de zinco	Enroladeira tipo 1	Enroladeira tipo 2
Desenroladeiras	1	8	3	5	3	3	8	1	3
Forno de chumbo	1/8	1	1/7	1/3	1/6	1/6	1	1/8	1/7
Resfriamento	1/3	7	1	4	1	4	8	2	3
Decapagem	1/5	3	1/4	1	1/4	1	5	1/4	1/3
Lavagem	1/3	6	1	4	1	5	7	3	4
Fluxagem	1/3	6	1/4	1	1/5	1	8	2	3
Forno de zinco	1/8	1	1/8	1/5	1/7	1/8	1	1/8	1/7
Enroladeira tipo 1	1	8	1/2	4	1/3	1/2	8	1	2
Enroladeira tipo 2	1/3	7	1/3	3	1/4	1/3	7	1/2	1

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 23 – Fatores de comparação das alternativas (4)

Interação com o equipamento	Desenroladeiras	Forno de chumbo	Resfriamento	Decapagem	Lavagem	Fluxagem	Forno de zinco	Enroladeira tipo 1	Enroladeira tipo 2
Desenroladeiras	1	1/4	1/6	1/6	1/8	1/6	1	1	1
Forno de chumbo	4	1	1/3	1/4	1/5	1/5	4	4	5
Resfriamento	6	3	1	3	1	3	8	6	7
Decapagem	6	4	1/3	1	1/3	1	6	5	6
Lavagem	8	5	1	3	1	3	8	7	8
Fluxagem	6	5	1/3	1	1/3	1	8	7	1/6
Forno de zinco	1	1/4	1/8	1/6	1/8	1/8	1	8	1/5
Enroladeira tipo 1	1	1/4	1/6	1/5	1/7	1/7	6	1	3
Enroladeira tipo 2	1	1/5	1/7	1/6	1/8	1/8	5	1/3	1

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 24 – Fatores de comparação das alternativas (5)

Complexidade de operação	Desenroladeiras	Forno de chumbo	Resfriamento	Decapagem	Lavagem	Fluxagem	Forno de zinco	Enroladeira tipo 1	Enroladeira tipo 2
Desenroladeiras	1	1/3	1/6	1/6	1/6	1/6	3	1	3
Forno de chumbo	3	1	1/2	1/2	1/2	1/2	6	3	5
Resfriamento	6	2	1	1	1	1	8	6	8
Decapagem	6	2	1	1	1	1	8	6	8
Lavagem	6	2	1	1	1	1	8	6	8
Fluxagem	6	2	1	1	1	1	8	6	8
Forno de zinco	1/3	1/6	1/8	1/8	1/8	1/8	1	1/4	1/2
Enroladeira tipo 1	1	1/3	1/6	1/6	1/6	1/6	4	1	4
Enroladeira tipo 2	1/3	1/5	1/8	1/8	1/8	1/8	2	1/4	1

FONTE: O Autor (2019)

Os índices de consistência das matrizes são: Segurança operacional – IC = 0,08795; Impacto no meio ambiente – IC = 0,06364; Impacto de manutenção – IC = 0,09275; Interação com o equipamento – IC = 0,08869; Complexidade de operação – IC = 0,02295.

Com isso, a matriz dos pesos ponderados para as alternativas fica como demonstrada na figura 25.

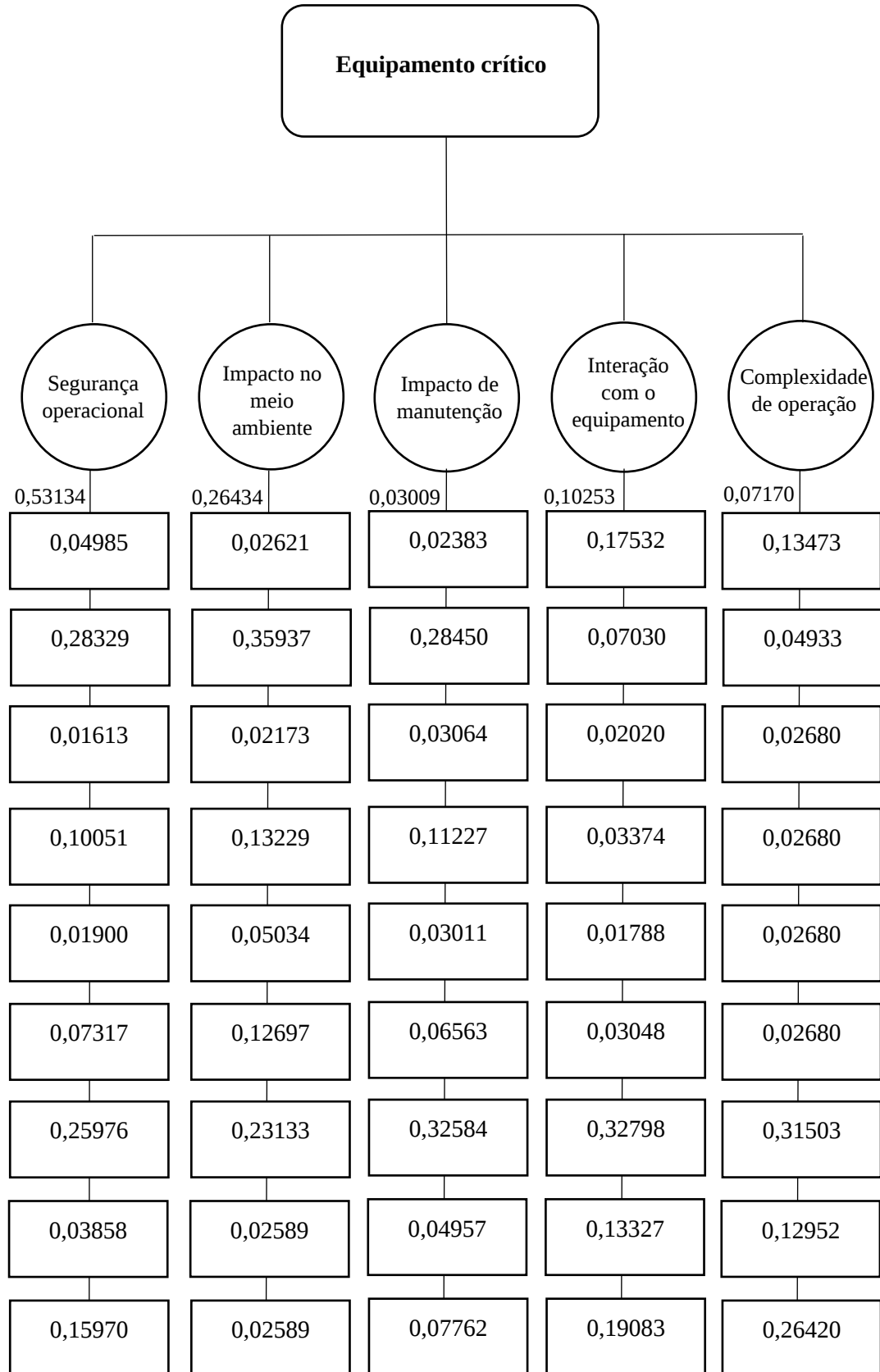
Figura 25 – Matriz dos pesos das alternativas

0,04985	0,02621	0,02383	0,17532	0,13473
0,28329	0,35937	0,28450	0,07030	0,04933
0,01613	0,02173	0,03064	0,02020	0,02680
0,10051	0,13229	0,11227	0,03374	0,02680
0,01900	0,05034	0,03011	0,01788	0,02680
0,07317	0,12697	0,06563	0,03048	0,02680
0,25976	0,23133	0,32584	0,32798	0,31503
0,03858	0,02589	0,04957	0,13327	0,12952
0,15970	0,02589	0,07762	0,19083	0,26420

FONTE: O Autor (2019)

Esses valores são representados no diagrama completo que consta dos critérios e alternativas com seus determinados pesos ponderados e é apresentado na figura 26.

Figura 26 – Fluxo dos critérios e alternativas com pesos



FONTE: O Autor (2019)

Por fim, realiza-se a multiplicação das matrizes ponderadas das alternativas pelos critérios, obtendo-se o equipamento crítico pelo maior valor, conforme figura 27.

Figura 27 – Cálculos das matrizes

$$\begin{bmatrix} 0,04985 & 0,02621 & 0,02383 & 0,17532 & 0,13473 \\ 0,28329 & 0,35937 & 0,28450 & 0,07030 & 0,04933 \\ 0,01613 & 0,02173 & 0,03064 & 0,02020 & 0,02680 \\ 0,10051 & 0,13229 & 0,11227 & 0,03374 & 0,02680 \\ 0,01900 & 0,05034 & 0,03011 & 0,01788 & 0,02680 \\ 0,07317 & 0,12697 & 0,06563 & 0,03048 & 0,02680 \\ 0,25976 & 0,23133 & 0,32584 & 0,32798 & 0,31503 \\ 0,03858 & 0,02589 & 0,04957 & 0,13327 & 0,12952 \\ 0,15970 & 0,02589 & 0,07762 & 0,19083 & 0,26420 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,53134 \\ 0,26434 \\ 0,03009 \\ 0,10253 \\ 0,07170 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,061768 \\ 0,264828 \\ 0,019227 \\ 0,097134 \\ 0,028061 \\ 0,079465 \\ \mathbf{0,265191} \\ 0,051786 \\ 0,132540 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Desenroladeiras} \\ \text{Forno de chumbo} \\ \text{Resfriamento} \\ \text{Decapagem} \\ \text{Lavagem} \\ \text{Fluxagem} \\ \mathbf{\text{Forno de zinco}} \\ \text{Enroladeiras tipo 1} \\ \text{Enroladeiras tipo 2} \end{bmatrix}$$

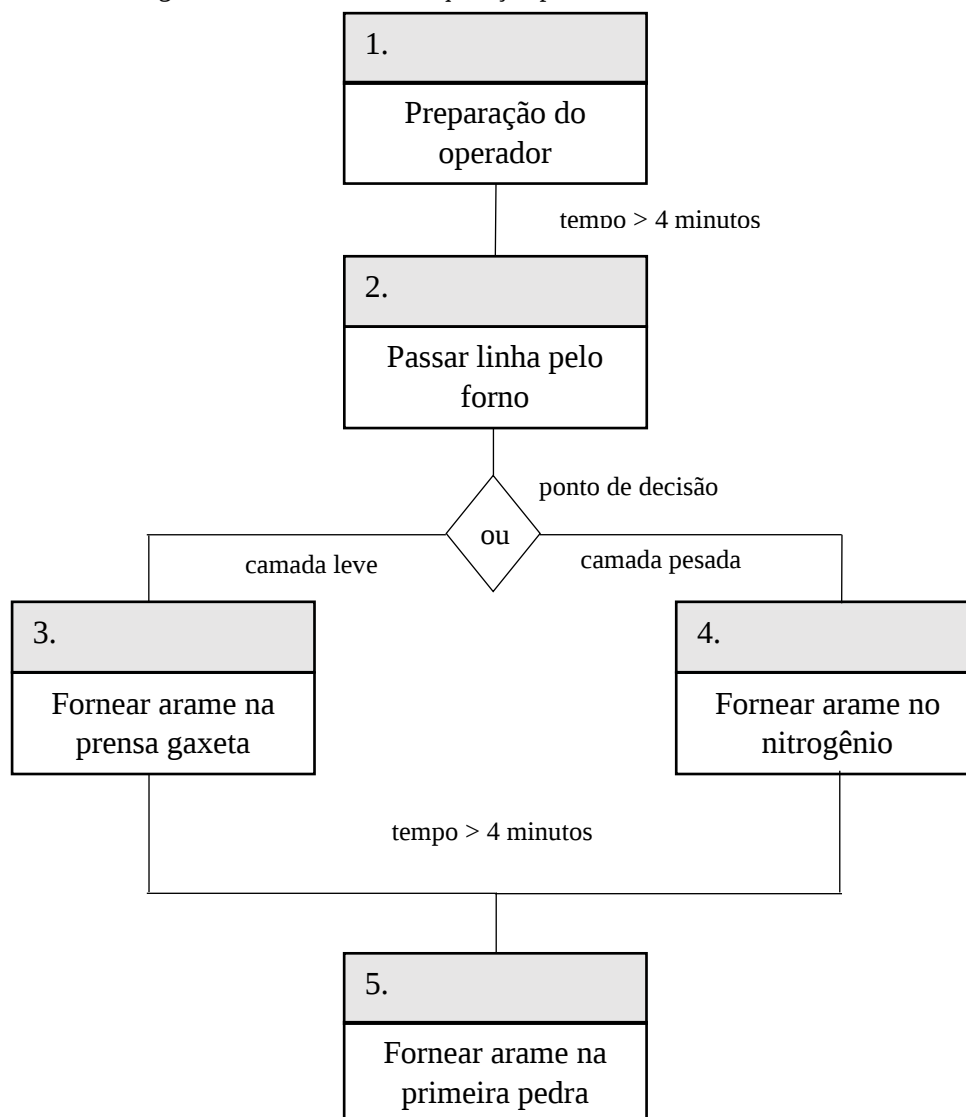
FONTE: O Autor (2019)

Portanto, o maior valor é o do forno de zinco, sendo este o equipamento crítico na área da galvanização. O forno de zinco começa logo após o soprador (final da fluxagem) e termina na torre parcolene (início das enroladeiras tipo e tipo 2). Para o caso de estudo foi escolhido um procedimento de rotina dos operadores deste equipamento, que é realizado todos os dias, auditado pelos engenheiros responsáveis e apresenta o registro de acidente com maior potencial de lesão, este procedimento é chamado “fornear o arame no forno de zinco”.

4.3 Análise de segurança da tarefa

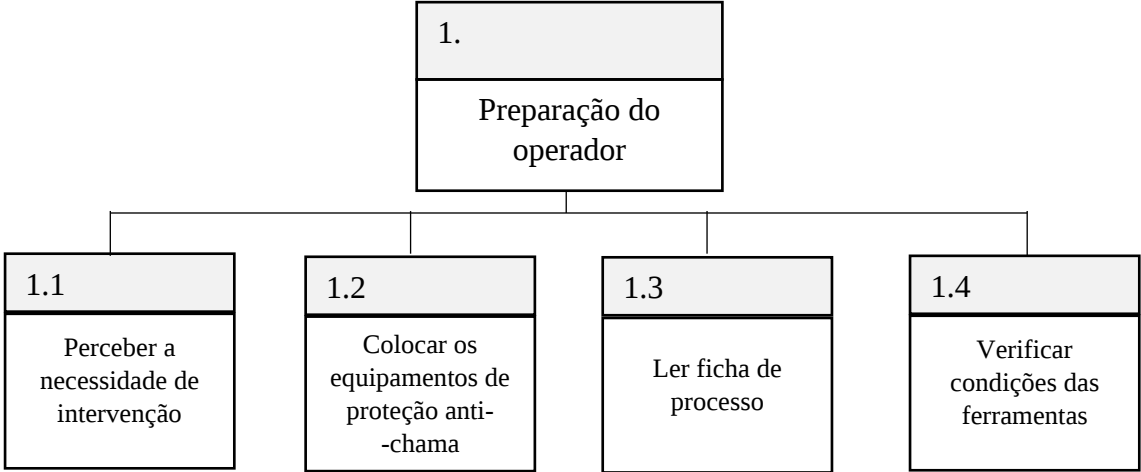
O procedimento para fornecer o arame no forno de zinco é correlacionado à etapa sete do diagrama de blocos funcionais, no equipamento crítico chamado forno de zinco (que começa no final do soprador e termina na torre parcolene) e inicia-se no momento em que o operador percebe a necessidade de ligar mais alguma linha de operação para abastecer o cliente interno. Também é um procedimento que é realizado após as paradas preventivas da galvanização, sendo necessário para ligar as linhas de operação. Admite-se como fim deste procedimento o momento em que não há mais necessidade de que o operador intervenha no forno de zinco. O fluxo é apresentado nas figuras 28 a 33 e os planos nos quadros 24 a 28. A análise de segurança para este procedimento da tarefa é descrita no quadro 29.

Figura 28 – Planos de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco



FONTE: O Autor (2019)

Figura 29 – Plano 1 de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco



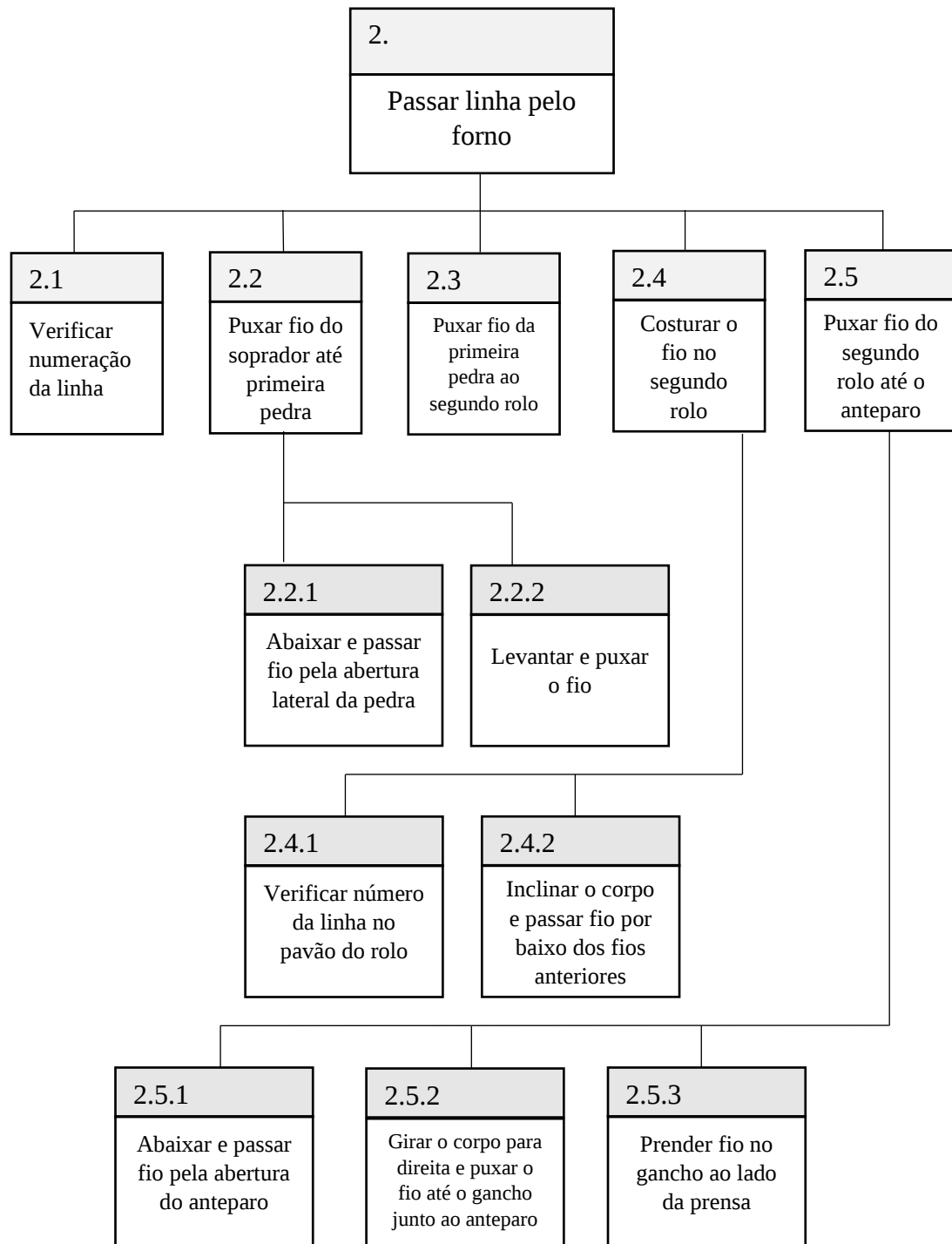
FONTE: O Autor (2019)

Quadro 25 – Sequência de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco – Plano 1

Plano1: Preparação do operador
De 1.1 a 1.4
1.1 delimita o início da tarefa 1.3 pode ser realizado antes de 1.2 1.4 só pode ser realizado após 1.2
1.1: Perceber a necessidade de intervenção 1.2: Colocar os equipamentos de proteção anti-chama
1.3: Ler ficha de processo Pode ser realizado antes de 1.2. Leitura da ficha de processo disponível na área ou na pasta de padrões
1.4: Verificar condições das ferramentas Devem estar inteiras e estar pré-aquecidas

FONTE: O Autor (2019)

Figura 30 – Plano 2 de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco



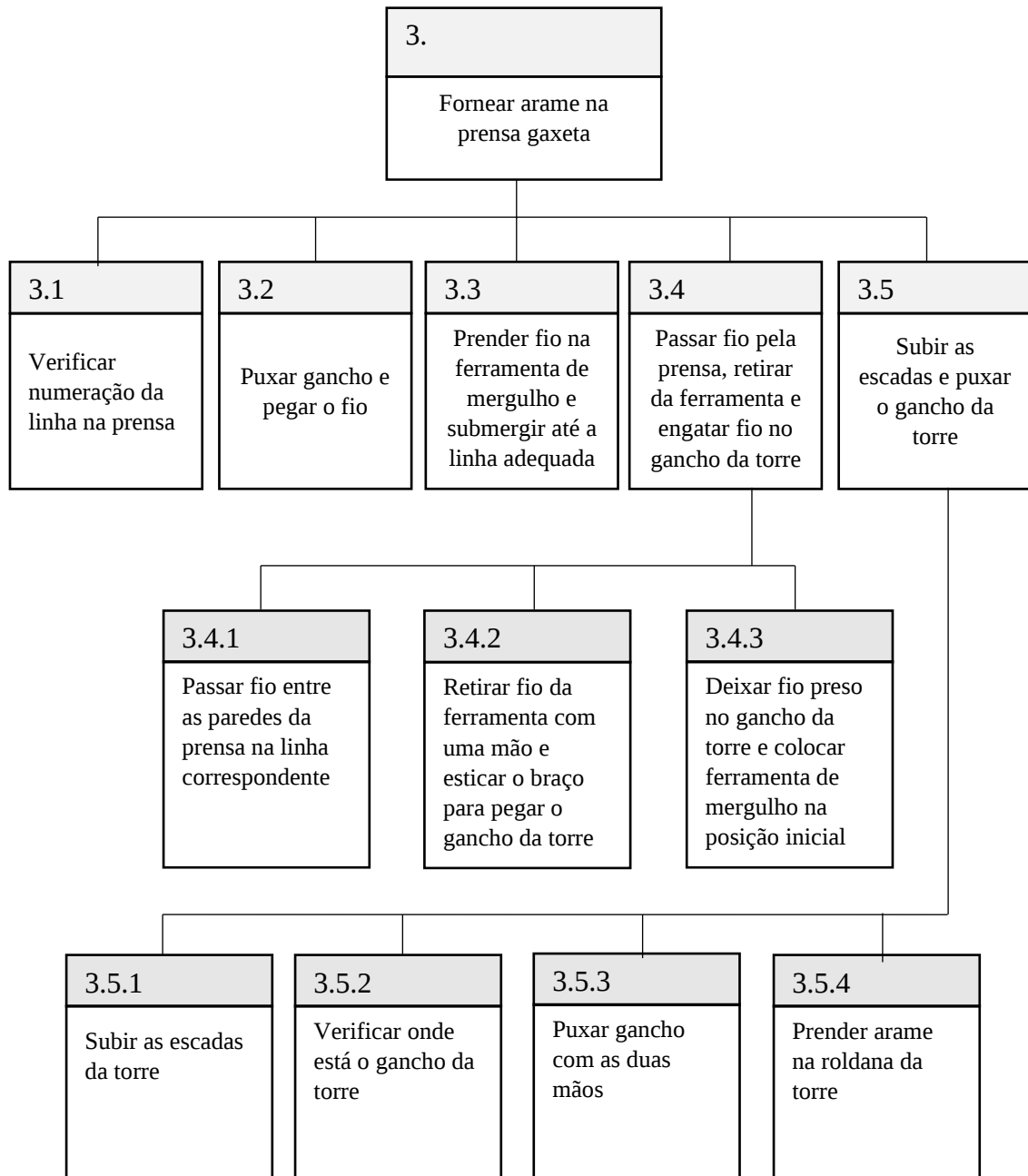
FONTE: O Autor (2019)

Quadro 26 – Sequência de hierarquização para fornear arame no forno de zinco – Plano 2

Plano 2: Passar linha pelo forno De 2.1 a 2.5
2.1 a 2.5 devem ser realizados na sequência de descrição 2.1: Verificar numeração da linha no soprador 2.2: Puxar fio do soprador até a primeira pedra 2.2.1 a 2.2.2 devem ser realizados na sequência de descrição 2.2.1: Abaixar e passar fio pela abertura lateral da pedra 2.2.2: Levantar e puxar o fio 2.3: Puxar fio da primeira pedra ao segundo rolo 2.4: Costurar o fio no segundo rolo 2.4.1 a 2.4.2 devem ser realizados na sequência de descrição 2.4.1: Verificar número da linha no pavão do rolo 2.4.2: Inclinare corpo e passar fio por baixo dos fios anteriores 2.5: Puxar fio do segundo rolo até o anteparo 2.5.1 a 2.5.3 devem ser realizados na sequência de descrição 2.5.1: Abaixar e passar fio pela abertura do anteparo; 2.5.2: Girar o corpo 30° para a direita e puxar fio até o gancho junto ao anteparo; 2.5.3: Prender fio no gancho ao lado da prensa

FONTE: O Autor (2019)

Figura 31 – Plano 3 de hierarquização para fornear arame no forno de zinco



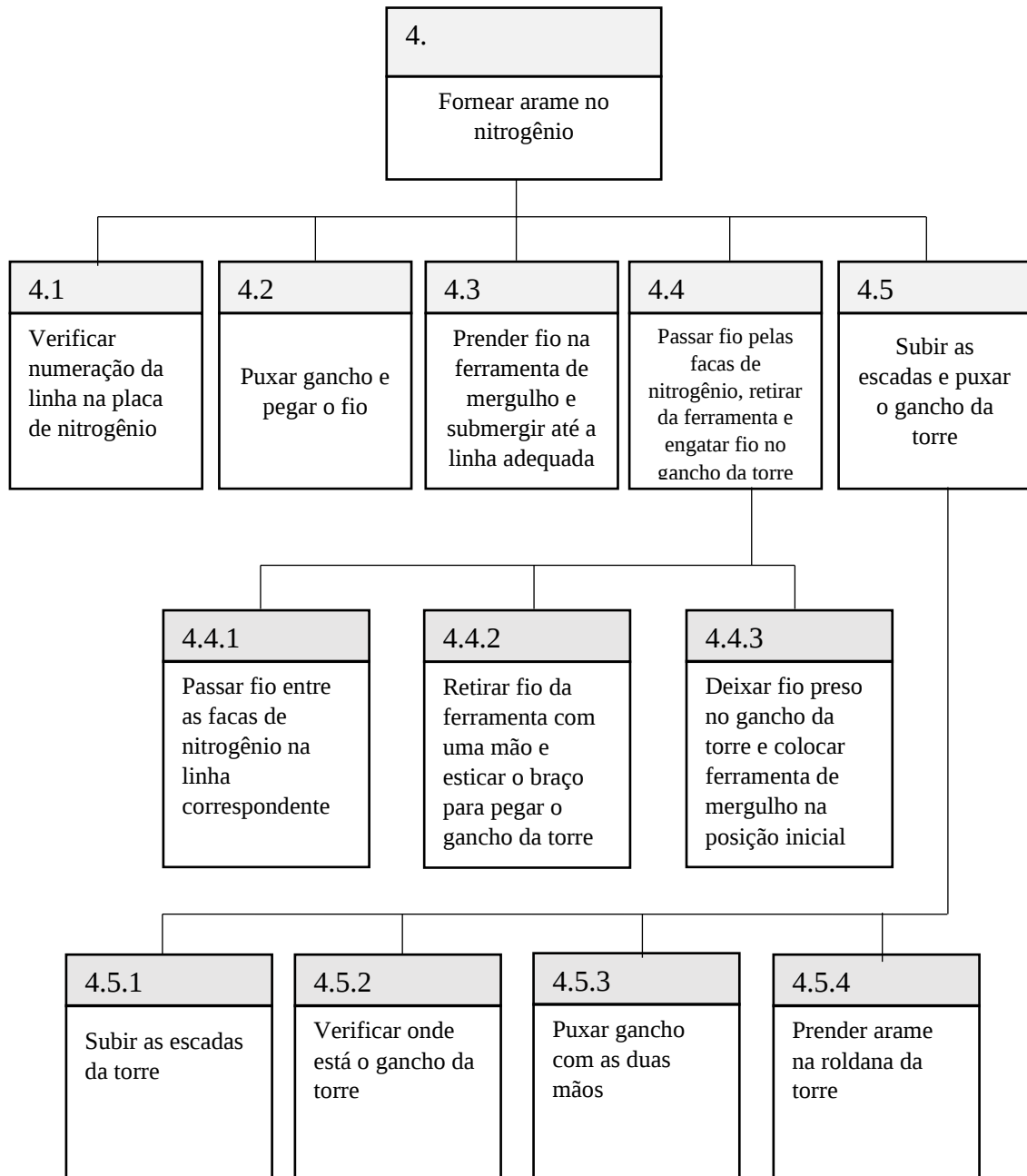
FONTE: O Autor (2019)

Quadro 27 – Sequência de hierarquização para fornear arame no forno de zinco – Plano 3

Plano 3: Fornear arame na prensa gaxeta
3.1 a 3.5
3.1 a 3.5 devem ser realizados na sequência de descrição. Só acontecem caso o arame seja do tipo “camada leve”.
3.1: Verificar numeração da linha na prensa
3.2: Puxar gancho e pegar fio
3.3: Prender fio na ferramenta de mergulho e submergir até a linha adequada
3.4: Passar fio pela prensa, retirar da ferramenta e engatar fio no gancho da torre
3.4.1 a 3.4.3 devem ser realizados na sequência de descrição
3.4.1: Passar fio entre as paredes da prensa na linha correspondente
3.4.2: Retirar fio da ferramenta com uma mão e esticar o outro braço para pegar o gancho da torre
3.4.3: Deixar fio preso no gancho da torre e colocar ferramenta de mergulho na posição inicial
3.5: Subir as escadas e puxar o gancho da torre
3.5.1 a 3.5.4 devem ser realizados na sequência de descrição
3.5.1: Subir as escadas da torre
3.5.2: Verificar onde está o gancho da torre
3.5.3: Puxar gancho com as duas mãos
3.5.4: Prender arame na roldana da torre

FONTE: O Autor (2019)

Figura 32 – Plano 4 de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco



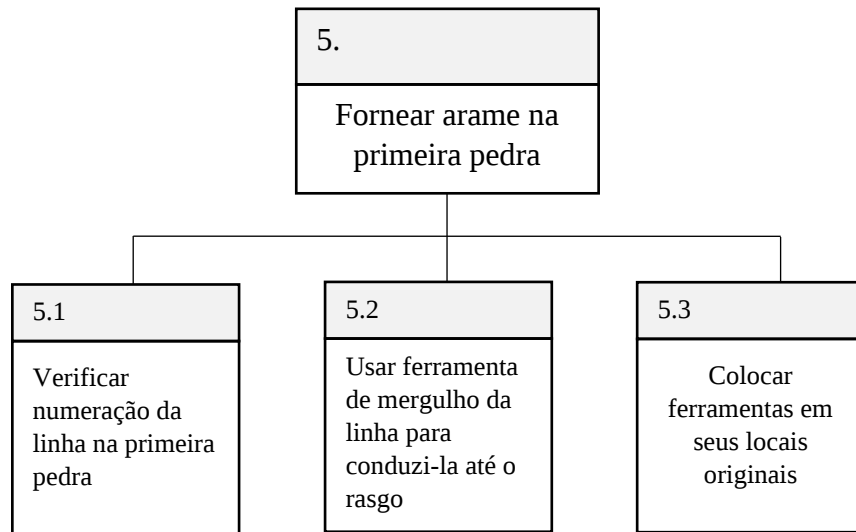
FONTE: O Autor (2019)

Quadro 28 – Sequência de hierarquização para fornecer arame no forno de zinco – Plano 4

Plano 4: Fornear arame no nitrogênio
4.1 a 4.5
4.1 a 4.5 devem ser realizados na sequência de descrição. Só acontecem caso o arame seja do tipo “camada pesada”.
4.1: Verificar numeração da linha na placa de nitrogênio
4.2: Puxar gancho e pegar fio
4.3: Prender fio na ferramenta de mergulho e submergir até a linha adequada
4.4: Passar fio pelas facas de nitrogênio, retirar da ferramenta e engatar fio no gancho da torre
4.4.1 a 4.4.3 devem ser realizados na sequência de descrição
4.4.1: Passar fio entre as facas de nitrogênio na linha correspondente
4.4.2: Retirar fio da ferramenta com uma mão e esticar o outro braço para pegar o gancho da torre
4.4.3: Deixar fio preso no gancho da torre e colocar ferramenta de mergulho na posição inicial
4.5: Subir as escadas e puxar o gancho da torre
4.5.1 a 4.5.4 devem ser realizados na sequência de descrição
4.5.1: Subir as escadas da torre
4.5.2: Verificar onde está o gancho da torre
4.5.3: Puxar gancho com as duas mãos
4.5.4: Prender arame na roldana da torre

FONTE: O Autor (2019)

Figura 33 – Plano 5 de hierarquização para fornear arame no forno de zinco



FONTE: O Autor (2019)

Quadro 29 – Sequência de hierarquização para fornear arame no forno de zinco – Plano 5

Plano 5: Fornear arame na primeira pedra De 5.1 a 5.3
5.1 a 5.3 devem ser realizados na sequência da descrição
5.1: Verificar numeração da linha na primeira pedra
5.2: Usar ferramenta de mergulho da linha para conduzi-la até o rasgo correspondente
5.3: Colocar ferramentas em seus locais originais

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 30 – Formulário de análise de segurança da tarefa

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 1/8
Descrição do procedimento: Passar o fio de arame trefilado pelo forno de zinco			
Sequência de etapas		Riscos identificados	Ações de controle
1. Preparação do operador	1.1. Perceber a necessidade de intervenção³	Não se aplica	Não se aplica
	1.2. Colocar os equipamentos de proteção anti-chama	Queimadura por respingos de zinco líquido sobre EPI's com desgaste excessivo	Verificar se os EPI's estão dentro da validade.
		Queimadura por respingos de zinco líquido em áreas desprotegidas do EPI	Verificar se os EPI's estão inteiros.
	1.3. Ler ficha de processo do material⁴	Não se aplica	Não se aplica
	1.4. Verificar condições das ferramentas de trabalho	Queimadura por respingos de zinco líquido por explosão térmica	Só utilizar ferramentas pré-aquecidas (30 minutos na grade do forno)
		Queimadura por respingos de zinco líquido provocado por uso de ferramenta inadequada	Proibido improvisar ferramentas
		Queimadura por respingos de zinco líquido provocado por quebra da ferramenta	As ferramentas devem estar inteiras
		Queimadura por contato com ferramentas quentes	Utilizar luvas de vaqueta e EPI's anti-chama

FONTE: O Autor (2019)

³ Este subplano refere-se ao momento onde o operador percebe (visualmente e distanciado do equipamento crítico) que uma linha parou de funcionar, por isso não apresenta risco nem medida de controle

⁴ Este subplano refere-se a leitura de uma folha indicativa das características do produto a ser produzido. A folha pode ser escrita ou interpretada de forma incorreta, porém só geraria produto fora de especificação, por isso não apresentou risco nem medida de controle.

Quadro 30 – Formulário de análise de segurança da tarefa (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 2/8	
Descrição do procedimento: Passar o fio de arame trefilado pelo forno de zinco				
Sequência de etapas			Riscos identificados	Ações de controle
2. Passar linha pelo forno	2.1. Verificar numeração da linha no soprador		Corte	Utilizar luvas de vaqueta
			Queimadura no soprador	
			Contaminação por produtos químicos	Não colocar a mão no fluxo antes do soprador
	2.2. Puxar fio do soprador até a primeira pedra	2.2.1. Abaixar e passar fio pela abertura lateral da pedra	Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
			Corte	Abaixar o protetor facial
				Utilizar luvas de vaqueta
			Lesão na coluna	Agachar-se para passar o fio
		2.2.2. Levantar e puxar o fio	Corte	Utilizar luvas de vaqueta
				Abaixar o protetor facial
			Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
				Queda de mesmo nível
		2.3. Puxar fio da primeira pedra ao segundo rolo		Corte
	Abaixar o protetor facial			
	Queda de mesmo nível			Manter o piso limpo - sem arames e sem óleos ou graxas

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 30 – Formulário de análise de segurança da tarefa (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 3/8	
Descrição do procedimento: Passar o fio de arame trefilado pelo forno de zinco				
Sequência de etapas			Riscos identificados	Ações de controle
2. Passar linha pelo forno	2.4. Costurar o fio no segundo rolo	2.4.1. Verificar número da linha no pavão do rolo	Corte	Abaixar o protetor facial
				Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama	
		2.4.2. Esticar o braço e passar fio por baixo dos fios anteriores	Corte	Abaixar o protetor facial
				Utilizar luvas de vaqueta
			Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
			Prensamento de falanges	Não colocar as mãos no rolo. Passar o fio após o rolo
			Queda no forno de zinco	Proibido realizar a operação sem guarda-corpos inteiros e posicionados dentro de sua fixação (tubos soldados na plataforma)
	2.5. Puxar fio do segundo rolo até o anteparo	2.5.1. Abaixar e passar fio pela abertura do anteparo	Corte	Abaixar o protetor facial
				Utilizar luvas de vaqueta
			Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
		Lesão na coluna	Agachar-se para passar o fio	
		2.5.2. Girar o corpo 30° para a direita e puxar fio até o gancho junto ao anteparo	Corte	Abaixar o protetor facial
				Utilizar luvas de vaqueta
			Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
			Lesão na coluna	Manter-se agachado durante esta etapa
2.5.3. Prender fio no gancho ao lado da prensa		Corte	Abaixar o protetor facial	
			Utilizar luvas de vaqueta	
	Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama		
	Lesão na coluna	Manter-se agachado durante esta etapa		

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 30 – Formulário de análise de segurança da tarefa (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 4/8
Descrição do procedimento: Passar o fio de arame trefilado pelo forno de zinco			
Sequência de etapas		Riscos identificados	Ações de controle
3. Fornear arame na prensa gaxeta	3.1. Verificar numeração da linha na prensa	Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
		Queda de mesmo nível	Manter o piso limpo - sem arames e sem óleos ou graxas
	3.2. Puxar gancho e pegar fio	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
	3.3. Prender fio na ferramenta de mergulho e submergir até a linha adequada	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
	3.4. Passar fio pela prensa, retirar da ferramenta e engatar fio no gancho da torre	Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
			Usar os EPI's antichama
		Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
			Usar os EPI's antichama
		Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
			Usar os EPI's antichama
		Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
			Usar os EPI's antichama

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 30 – Formulário de análise de segurança da tarefa (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO				Página 5/8
Descrição do procedimento: Passar o fio de arame trefilado pelo forno de zinco				
Sequência de etapas			Riscos identificados	Ações de controle
3. Fornear arame na prensa gaxeta	3.5. Subir as escadas e puxar o gancho da torre	3.5.1. Subir as escadas da torre	Queda de níveis diferentes	Utilizar corrimão ao subir as escadas
			Esmagamento por queda de cargas suspensas	Não passar por baixo da ponte rolante quando estiver na torre
		3.5.2. Verificar onde está o gancho da torre	Queda de níveis diferentes	Somente inclinar--se para ver o gancho se o guarda corpo estiver fixo e inteiro
		3.5.3. Puxar gancho com as duas mãos	Corte	Abaixar o protetor facial
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
			Abrasão	
		3.5.4. Prender arame na roldana da torre	Corte	Abaixar o protetor facial
			Queimadura por contato com arame quente	Utilizar luvas de vaqueta
			Abrasão	

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 30 – Formulário de análise de segurança da tarefa (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 6/8
Descrição do procedimento: Passar o fio de arame trefilado pelo forno de zinco			
Sequência de etapas		Riscos identificados	Ações de controle
4. Fornear arame no nitrogênio	4.1. Verificar numeração da linha na placa de nitrogênio	Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
		Queda de mesmo nível	Manter o piso limpo - sem arames e sem óleos ou graxas
	4.2. Puxar gancho e pegar fio	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
	4.3. Prender fio na ferramenta de mergulho e submergir até a linha adequada	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
	4.4.1. Passar fio entre as facas de nitrogênio na linha correspondente	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
		Queimadura por mergulho de mão no banho de zinco líquido	Manter a tampa de proteção à frente das facas
	4.4.2. Retirar fio da ferramenta com uma mão e esticar o outro braço para pegar o gancho da torre	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
		Queimadura por mergulho de mão no banho de zinco líquido	Manter a tampa de proteção à frente das facas
	4.4.4. Deixar fio preso no gancho da torre e colocar ferramenta de mergulho na posição inicial	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 30 – Formulário de análise de segurança da tarefa (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO				Página 7/8	
Descrição do procedimento: Passar o fio de arame trefilado pelo forno de zinco					
Sequência de etapas			Riscos identificados		Ações de controle
4. Fornear arame no nitrogênio	4.5. Subir as escadas e puxar o gancho da torre	4.5.1. Subir as escadas da torre	Queda de níveis diferentes		Utilizar corrimão ao subir as escadas
			Esmagamento por queda de cargas suspensas		Não passar por baixo da ponte rolante quando estiver na torre
		4.5.2. Verificar onde está o gancho da torre	Queda de níveis diferentes		Somente inclinar-se para ver o gancho se o guarda corpo estiver fixo e inteiro
		4.5.3. Puxar gancho com as duas mãos	Corte		Abaixar o protetor facial
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente		Utilizar luvas de vaqueta
			Abrasão		
		4.5.4. Prender arame na roldana da torre	Corte		Abaixar o protetor facial
			Queimadura por contato com arame quente		Utilizar luvas de vaqueta
			Abrasão		

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 30 – Formulário de análise de segurança da tarefa (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 8/8
Descrição do procedimento: Passar o fio de arame trefilado pelo forno de zinco			
Sequência de etapas		Riscos identificados	Ações de controle
5. Fornear arame na primeira pedra	5.1. Verificar numeração da linha na primeira pedra	Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
	5.2. Usar ferramenta de mergulho da linha para conduzi-la até o rasgo correspondente	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
		Queda no forno de zinco	Proibido realizar a operação sem guarda-corpos inteiros e posicionados dentro de sua fixação (tubos soldados na plataforma)
	5.3. Colocar ferramentas em seus locais originais	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama

FONTE: O Autor (2019)

Após a análise de segurança da tarefa aplicada ao procedimento, é necessário identificar os fatores de desempenho, gerando recomendações para diminuir a interferência desses fatores durante a realização do procedimento.

4.4 Fatores de desempenho

Os fatores de desempenho servirão de alimentação para as recomendações.

4.4.1 Externos

Características do local do procedimento:

- a) Espaço – O forno possui um espaço limitado de circulação do operador pelas laterais (bordas), havendo ainda sensores e partes do equipamento pelo caminho;
- b) Distância – Distância entre o operador e o local para intervenção no forno de zinco, existem partes em que é necessário curvar-se ou estender o braço, esticando o corpo para realizar a operação;
- c) Condições do ambiente – O banho de zinco fica a alta temperatura, propiciando uma atmosfera quente, o que leva a uma maior fadiga durante a operação.

Qualidade do ambiente

- a) Alta temperatura – Proveniente do banho de zinco líquido;
- b) Limpeza – Grau de limpeza dos locais de acesso ao forno e das laterais;
- c) Organização – Grau de organização dos locais de acesso ao forno e das laterais;
- d) Luminosidade – Grau de luminosidade no local das facas de nitrogênio e da prensa gaxeta;
- e) Ruído – Ruído produzido pelas máquinas no entorno;
- f) Visibilidade – Visibilidade do local do forno (equipamento pode produzir fumaça esporadicamente).

Fatores organizacionais

- a) Padronização – Qualidade dos padrões de operação elaborados;
- b) Treinamento – Qualidade dos treinamentos realizados pelos líderes e pelos operadores mais experientes;
- c) Auditorias – Qualidade das auditorias realizadas pelos líderes;
- d) Procedimentos informais – Procedimentos não escritos e repassados entre os operadores;
- e) Segurança – Regras gerais e específicas de segurança da área;
- f) Metas – Metas de produção a serem atingidas na partida das linhas.

Características da tarefa e equipamentos

- a) Percepção – Percepção exigida durante o forneamento do arame da proximidade do corpo em relação às bordas do forno e dos membros em relação ao banho de zinco;
- b) Controle motor – Controle para puxar e passar o fio durante o procedimento;
- c) Repetição – Quantidade de vezes em que o procedimento é realizado em um período de tempo (em especial na partida das linhas, onde são trinta e cinco vezes em um período de oito horas);
- d) Ferramentas – Tamanho e formato das ferramentas utilizadas.

4.4.2 Estressantes

Fatores psicológicos

- a) Tempo – Para partida completa das linhas (trinta e cinco linhas em oito horas);
- b) Carga de trabalho – Número de intervenções por turno;
- c) Risco na execução – Proximidade com as bordas do forno e com o banho líquido de zinco;
- d) Sono – Noite mal dormida anterior ao trabalho;
- e) Distração – Principal fator de distração são os estímulos exteriores (barulho, interrupções durante as atividades do procedimento);
- f) Fatores fisiológicos – Estado de saúde do operador ou necessidades fisiológicas (o banheiro não tem localização próxima ao forno);
- g) Fadiga muscular – Causada pelo esforço repetitivo;
- h) Algas e desconfortos;
- i) Ergonomia;
- j) Calor.

4.4.3 Internos

- a) Tempo na função – Experiência no posto de trabalho;
- b) Habilidade – Falanges em perfeito estado, resistência ao calor, força física;
- c) Motivação e atitude do operador;
- d) Estado emocional – Nível de paciência, ansiedade, nervosismo, pressa e atenção.

Esses fatores estão sintetizados no quadro 31.

Quadro 31 – Fatores de desempenho

Fatores de desempenho	
Externos	Estressantes
Características do local do procedimento	Fatores psicológicos
Espaço	Tempo
Distância	Carga de trabalho
Condições do ambiente	Risco na execução
Qualidade do ambiente	Sono
Alta temperatura	Distração
Limpeza	Fatores fisiológicos
Organização	Fadiga muscular
Luminosidade	Algias e desconfortos
Ruído	Ergonomia
Visibilidade	Calor
Fatores organizacionais	Internos
Padronização	Tempo de função
Treinamento	Habilidade
Auditorias	Motivação e atitude do operador
Procedimentos informais	Estado emocional
Segurança	
Metas	
Características da tarefa e equipamentos	
Percepção	
Controle motor	
Repetição	
Ferramentas	

FONTE: O Autor (2019)

4.5 Revisar o procedimento

O procedimento escolhido está correlacionado ao equipamento crítico (etapa 7 do DBF), é um procedimento de rotina, auditado pelos engenheiros da área e apresenta o histórico recente de acidentes com maior potencial. Sua versão antes da revisão está representada no quadro 32.

Quadro 32 – Procedimento antes da revisão

FONEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			
O quê	Como	Pontos-chave	Ações de controle
(1) Verificar fabricação	Não diz como		Não menciona
(2) Passar arames pelo forno de zinco	Não diz como		Não menciona
(3) Fonear arame	- Com ferramenta específica mergulhar o arame na lateral da pedra para baixo do óxido de zinco; - Passar arame pelos rolos centrais do forno deixando-o já fixos no gancho. OBS. O arame não pode estar entrando cruzado na cuba se zinco, pois pode provocar o emaranhamento do mesmo no interior do banho. Caso, venha a acontecer, alinhar os arames imediatamente.	Arame entrando no forno de zinco alinhados.	Segurança: Manter as ferramentas de puxar e fonear sempre aquecidas. Utilizar epi's básicos. Não projetar-se para dentro do forno ao iniciar o processo de forneamento. Manter a plataforma sempre limpa, isenta de óxido de zinco para evitar escorregamento. Sempre que o arame estiver preso ou com dificuldade de passagem quebre o óxido utilizando ferramenta adequada e pré-aquecida.
(4) Passar fio na prensa gaxeta	- Com a garra específica puxar arame para frente da prensa gaxeta e com a garra específica imergir o arame no banho de zinco; - Com a garra puxar o arame para linha específica.		Meio Ambiente: Depositar gaxetas gastas em coletores específicos. Manutenção: Verificar as condições da gaxeta antes de iniciar a operação para evitar retrabalho.
(5) Passar fio pelas facas de N2	- Passar arame pelos rolos centrais do forno deixando-o já fixos no gancho; - Com ferramenta específica puxar arame para faca de N2; - Com ferramenta específica colocar arame para baixo do óxido de zinco; - Colocar o arame no suporte da faca de N2 e puxar o arame para passar na torre de resfriamento.		Segurança: Para intervir nos bicos de N2 é necessário manter a tampa que impede o contato direto do operador com o zinco líquido.
(6) Passar fio pela torre	- Puxar arame (camada pesada) por trás do resfriamento primário; - Passar arame pelas roldanas guias e fixá-las na parte superior do forno.		Segurança: Fazer uso do corrimão quando estiver subindo para a torre de resfriamento. Utilizar gancho para corrigir o cruzamento entre fios.

4.5.1 Procedimento após a revisão

O procedimento revisado à luz da metodologia deste estudo está representado no quadro 33.

Quadro 33 – Procedimento após a revisão

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 1/6
Delimitação do equipamento: O forno de zinco inicia logo após o soprador e termina na torre parcolene			
Delimitação do procedimento: O procedimento inicia no momento que o operador percebe a necessidade de intervenção (partida de uma linha que está no soprador ou linha que parou no forno) e termina no final do equipamento crítico (na torre parcolene)			
Descrição do procedimento: Passar o fio de arame trefilado pelo forno de zinco			
Sequência de etapas		Riscos identificados	Ações de controle
1. Preparação do operador	1.1. Perceber a necessidade de intervenção ⁵	Não se aplica	Não se aplica
	1.2. Colocar os equipamentos de proteção anti-chama	Queimadura por respingos de zinco líquido sobre EPI's com desgaste excessivo	Verificar se os EPI's estão dentro da validade.
		Queimadura por respingos de zinco líquido em áreas desprotegidas do EPI	Verificar se os EPI's estão inteiros.
	1.3. Ler ficha de processo do material ⁶	Não se aplica	Não se aplica
	1.4. Verificar condições das ferramentas de trabalho	Queimadura por respingos de zinco líquido por explosão térmica	Só utilizar ferramentas pré-aquecidas (30 minutos na grade do forno)
		Queimadura por respingos de zinco líquido provocado por uso de ferramenta inadequada	Proibido improvisar ferramentas
		Queimadura por respingos de zinco líquido provocado por quebra da ferramenta	As ferramentas devem estar inteiras
		Queimadura por contato com ferramentas quentes	Utilizar luvas de vaqueta e EPI's anti-chama
2. Passar linha pelo forno	2.1. Verificar numeração da linha no soprador	Corte	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura no soprador	
		Contaminação por produtos químicos	Não colocar a mão no fluxo antes do soprador
	2.2. Puxar fio do soprador até a primeira pedra	Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
		Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
		Lesão na coluna	Agachar-se para passar o fio
		Corte	Utilizar luvas de vaqueta
			Abaixar o protetor facial
	2.2.2. Levantar e puxar o fio	Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
		Queda de mesmo nível	Manter o piso limpo - sem arames e sem óleos ou graxas

FONTE: O Autor (2019)

⁵ Veja nota de rodapé 2 da página 71

⁶ Veja nota de rodapé 3 da página 71

Quadro 33 – Procedimento após a revisão (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 2/6
Sequência de etapas		Riscos identificados	Ações de controle
2. Passar linha pelo forno	2.3. Puxar fio da primeira pedra ao segundo rolo	Corte	Utilizar luvas de vaqueta
			Abaixar o protetor facial
		Queda de mesmo nível	Manter o piso limpo - sem arames e sem óleos ou graxas
	2.4. Costurar o fio no segundo rolo	Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
		Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
		Prensamento de falanges	Não colocar as mãos no rolo. Passar o fio após o rolo
		Queda no forno de zinco	Proibido realizar a operação sem guarda-corpos inteiros e posicionados dentro de sua fixação (tubos soldados na plataforma)
	2.5. Puxar fio do segundo rolo até o anteparo	Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
			Usar os EPI's anti-chama
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
		Lesão na coluna	Agachar-se para passar o fio
		Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
			Usar os EPI's anti-chama
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
		Lesão na coluna	Manter-se agachado durante esta etapa
	2.5.3. Prender fio no gancho ao lado da prensa	Corte	Abaixar o protetor facial
			Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
		Lesão na coluna	Manter-se agachado durante esta etapa

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 33 – Procedimento após a revisão (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 3/6	
Sequência de etapas			Riscos identificados	Ações de controle
3. Fornear arame na prensa gaxeta	3.1. Verificar numeração da linha na prensa		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
			Queda de mesmo nível	Manter o piso limpo - sem arames e sem óleos ou graxas
	3.2. Puxar gancho e pegar fio		Corte	Abaixar o protetor facial
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
	3.3. Prender fio na ferramenta de mergulho e submergir até a linha adequada		Corte	Abaixar o protetor facial
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
	3.4. Passar fio pela prensa, retirar da ferramenta e engatar fio no gancho da torre	3.4.1. Passar fio entre as paredes da prensa na linha correspondente	Corte	Abaixar o protetor facial
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		3.4.2. Retirar fio da ferramenta com uma mão e esticar o outro braço para pegar o gancho da torre	Corte	Abaixar o protetor facial
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		3.4.3. Deixar fio preso no gancho da torre e colocar ferramenta de mergulho na posição inicial	Corte	Abaixar o protetor facial
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 33 – Procedimento após a revisão (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO				Página 4/6	
Sequência de etapas			Riscos identificados	Ações de controle	
3. Fornear arame na prensa gaxeta	3.5. Subir as escadas e puxar o gancho da torre	3.5.1. Subir as escadas da torre	Queda de níveis diferentes	Utilizar corrimão ao subir as escadas	
			Esmagamento por queda de cargas suspensas	Não passar por baixo da ponte rolante quando estiver na torre	
		3.5.2. Verificar onde está o gancho da torre	Queda de níveis diferentes	Somente inclinar-se para ver o gancho se o guarda corpo estiver fixo e inteiro	
		3.5.3. Puxar gancho com as duas mãos	Corte	Abaixar o protetor facial	
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta	
			Abrasão		
		3.5.4. Prender arame na roldana da torre	Corte	Abaixar o protetor facial	
			Queimadura por contato com arame quente	Utilizar luvas de vaqueta	
			Abrasão		
4. Fornear arame no nitrogênio	4.1. Verificar numeração da linha na placa de nitrogênio	Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama		
		Queda de mesmo nível	Manter o piso limpo - sem arames e sem óleos ou graxas		
	4.2. Puxar gancho e pegar fio	Corte	Abaixar o protetor facial		
		Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta		
		Queimadura por irradiação térmica			Usar os EPI's antichama
	4.3. Prender fio na ferramenta de mergulho e submergir até a linha adequada	Corte	Abaixar o protetor facial		
		Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta		
		Queimadura por irradiação térmica			Usar os EPI's antichama

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 33 – Procedimento após a revisão (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO				Página 5/6	
Sequência de etapas			Riscos identificados	Ações de controle	
4. Fornear arame no nitrogênio	4.4. Passar fio pela prensa, retirar da ferramenta e engatar fio no gancho da torre	4.4.1. Passar fio entre as facas de nitrogênio na linha correspondente	Corte	Abaixar o protetor facial	
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta	
			Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama	
			Queimadura por mergulho de mão no banho de zinco líquido	Manter a tampa de proteção à frente das facas	
		4.4.2. Retirar fio da ferramenta com uma mão e esticar o outro braço para pegar o gancho da torre	Corte	Abaixar o protetor facial	
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta	
			Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama	
			Queimadura por mergulho de mão no banho de zinco líquido	Manter a tampa de proteção à frente das facas	
		4.4.4. Deixar fio preso no gancho da torre e colocar ferramenta de mergulho na posição inicial	Corte	Abaixar o protetor facial	
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta	
			Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama	
		4.5. Subir as escadas e puxar o gancho da torre	4.5.1. Subir as escadas da torre	Queda de níveis diferentes	Utilizar corrimão ao subir as escadas
	Esmagamento por queda de cargas suspensas			Não passar por baixo da ponte rolante quando estiver na torre	
	4.5.2. Verificar onde está o gancho da torre		Queda de níveis diferentes	Somente inclinar-se para ver o gancho se o guarda corpo estiver fixo e inteiro	
	4.5.3. Puxar gancho com as duas mãos		Corte	Abaixar o protetor facial	
			Queimadura por contato com arame ou ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta	
			Abrasão		
	4.5.4. Prender arame na roldana da torre		Corte	Abaixar o protetor facial	
			Queimadura por contato com arame quente	Utilizar luvas de vaqueta	
		Abrasão			

FONTE: O Autor (2019)

Quadro 33 – Procedimento após a revisão (continuação)

FORNEAR ARAME NO FORNO DE ZINCO			Página 6/6
Sequência de etapas		Riscos identificados	Ações de controle
5. Fornear arame na primeira pedra	5.1. Verificar numeração da linha na primeira pedra	Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
	5.2. Usar ferramenta de mergulho da linha para conduzi-la até o rasgo correspondente	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's antichama
		Queda no forno de zinco	Proibido realizar a operação sem guarda-corpos inteiros e posicionados dentro de sua fixação (tubos soldados na plataforma)
	5.3. Colocar ferramentas em seus locais originais	Corte	Abaixar o protetor facial
		Queimadura por contato com ferramenta quente	Utilizar luvas de vaqueta
		Queimadura por irradiação térmica	Usar os EPI's anti-chama
Ponto-chave do procedimento: Manter todos os fios alinhados ao longo do forno de zinco durante todas as atividades			
Recomendações de desempenho: *O procedimento deve ser auditado pelo menos duas vezes ao ano com cada operador; *O treinamento para a função que realiza este procedimento deve ser de 6 meses a 1 ano, havendo acompanhamento de operador com no mínimo 5 anos de trabalho na função sendo responsável pela formação do novato e acompanhamento direto de técnico em processo; *Para a partida de todas as linhas no retorno da preventiva, dois operadores devem realizar este procedimento de forma alternada para evitar fadiga; *A cada 5 repetições deste procedimento, o operador deve parar por 5 minutos e hidratar-se; *O operador só estará O Autorizado a realizar este procedimento se trabalhar em um turno máximo de 10 horas com pausa de 1 hora para refeição e havendo, no mínimo, 14 horas entre o final do último turno de trabalho e o início do turno em vigência; *O operador deve realizar testes diários de atenção para poder realizar sua tarefa.			

FONTE: O Autor (2019)

4.5.2 Comparação

1. O procedimento antes da revisão não apresenta o início e final, sobrepondo partes de outros procedimentos, representando falha de simplicidade. O novo procedimento estabelece os limites de início e final de acordo com a divisão física do equipamento crítico realizada através do mapeamento com o diagrama de blocos funcionais. Essa informação é necessária para haver compreensão de quando realizar o procedimento e onde são os limites físicos;

2. O procedimento antigo não deixa claro em que parte da linha a atuação será necessária, ou seja, não há indicação física de onde começa e termina o procedimento, mostrando falha no pressuposto de simplicidade. O novo procedimento indica os locais de início e final do equipamento. Esta divisão é necessária porque equipamentos diferentes apresentam riscos diferentes e, portanto, é imprescindível que sejam escritos procedimentos diferentes;

3. Antes da revisão, há atividades que não possuem descrição de como fazer (faltam sub-planos), nem dos riscos e medidas de controle associadas, outra falha de simplicidade e, ao mesmo tempo de objetividade. O novo procedimento aponta como realizar cada plano. Esta descrição detalhada é importante pois havia passos críticos, com grande exposição ao risco, que não estavam descritos, ou seja, não havia compreensão de cada parte do procedimento e essas partes poderiam ser executadas de diferentes formas, conforme compreendido por quem viesse a realizar o procedimento;

4. O procedimento anterior não consegue estabelecer relação clara entre os planos e sub-planos (de primeiro e segundo nível), os riscos e as medidas de controle, ou seja, outra falha no pressuposto de simplicidade e no pressuposto de estabilidade. O novo procedimento segue uma linha de raciocínio sempre colocando lado-a-lado o plano, os sub-planos de primeiro e segundo nível, o risco e a medida de controle, o que é importante para estabelecer as relações entre as variáveis e, com isso, prever e controlar o risco;

5. O procedimento antes da revisão apresenta falhas de objetividade quando menciona os termos “ferramenta específica”, “utilizar EPI’s básicos”, “ferramenta adequada”, sem deixar claro quais são as ferramentas usadas para realização do procedimento e EPI’s mencionados, deixando a interpretação livre, especialmente no que concerne às ferramentas. Assim, qualquer imprevisto pode ser considerado ferramenta específica, aumentando as chances de erro na execução. Além disso, a necessidade de uso e posição dos EPI’s pode variar durante o procedimento, passando a ser indicado nas medidas de controle (“abaixar protetor facial” em alguns sub-planos);

6. O procedimento antigo não leva em conta os fatores de desempenho, podendo acontecer acidentes associados a falhas provocados pela falta de recomendações de desempenho que não foram previstos no planejamento. O novo padrão considera os fatores e faz recomendações para uma realização mais segura do procedimento. Um resumo comparativo do conteúdo principal da comparação está representado no quadro 34.

Quadro 34 – Comparação dos procedimentos

Procedimento antigo	Falha	Procedimento novo
Sem clareza de início e final	Simplicidade	Define o início e o final
Sem clareza do local de atuação	Simplicidade	Define início e final do equipamento
Mistura de tarefas em equipamentos diferentes		
Atividades críticas sem descrição	Simplicidade	Descreve todos os passos de todas as atividades
	Objetividade	
Não define relação etapa-risco-controle	Simplicidade	Correlaciona etapa-risco-medida de controle linearmente
	Estabilidade	
Usa termos que levam a diferentes interpretações	Objetividade	Especifica cada termo utilizado
Não considera fatores de desempenho	Erros de execução	Traz recomendações de desempenho

FONTE: O Autor (2019)

5 CONCLUSÃO

Desde seu nascimento, o ser humano é ensinado a executar procedimentos, que são necessários para seu desenvolvimento social, intelectual e físico (comer, estudar, praticar exercícios físicos, cozinhar, tomar banho, entre outros). Esta situação não é diferente no ambiente de trabalho, onde cada tarefa (função) é composta de diversos procedimentos. Inicialmente, a padronização surge com o objetivo de aumentar a produtividade da empresa, sendo enxergada, logo em seguida, como uma forma de aumentar a segurança do operador, surgindo diversas ferramentas que ajudam a identificar os riscos na execução dos procedimentos como a Análise de Segurança da Tarefa (AST).

Porém a AST utiliza a experiência de trabalho e o histórico de acidentes relacionados aos procedimentos em estudo como principais Fontes de alimentação na estruturação da análise. Essas variáveis não trazem sistemática (simplicidade, estabilidade e objetividade) ao procedimento e são reativas (baseiam-se em fatos do passado ou experiências traumáticas que já aconteceram), logo acidentes e quase-acidentes relacionados a erros de elaboração e revisão de procedimentos são comuns nas indústrias (apesar de não serem divulgados com frequência).

É imprescindível dar sistemática à elaboração e revisão dos procedimentos para garantir a decomposição do objeto de estudo em partes menores, estabelecendo relações causais e lineares entre suas partes, estabelecer relações que permitam prever e controlar essas relações e estabelecer uma versão única do conhecimento do objeto de estudo. Assim, tem-se procedimentos bem elaborados e revisados, diminuindo a chance de erro na execução da tarefa. Além disso, faz-se necessário considerar os fatores humanos que possam interferir em uma boa realização do procedimento.

Para dar sistemática a análise do procedimento, partiu-se da identificação do sistema de estudo (uma galvanização de arames dentro da indústria metalúrgica) particionando o processo em blocos através do diagrama de blocos funcionais para entender como o sistema funciona e opera em suas partes e nas conexões estabelecidas entre elas (simplicidade), prosseguindo com a definição do subsistema de estudo através da priorização de qual parte do processo é o mais crítico através da Análise Hierárquica do Processo, definindo o equipamento crítico (Forno de zinco) e seus limites físicos (simplicidade) e escolhendo um procedimento correlacionado a esse equipamento (o mais frequente e com registro recente dos acidentes com maior potencial – Fornear arame no forno de zinco). Em seguida, foram estabelecidos critérios para a divisão do procedimento em planos e sub-planos através da Análise de Hierarquização da Tarefa (simplicidade e objetividade), entendendo esta como o primeiro passo da Análise de Segurança

da Tarefa que continua com a correlação de cada plano e sub-plano com seus respectivos riscos e medidas de controle (estabilidade). Foi realizada a identificação dos fatores de desempenho do procedimento em estudo, gerando recomendações de desempenho para evitar o erro humano durante a realização do conjunto de atividades e, por fim, o procedimento foi reescrito, levando em consideração as análises realizadas.

Quando o procedimento baseado na experiência é confrontado com o procedimento revisado à luz da análise sistemática e da identificação dos fatores de desempenho, pode-se perceber que nenhum dos pressupostos que compõem o conceito de sistemática está presente, fragilizando o procedimento. Há atividades críticas que não são particionadas em sub-planos e não são descritas, além de não terem seus riscos e medidas de controle registrados. Há falta de linearidade na relação dos planos e sub-planos com seus riscos e medidas de controle. Há falta de objetividade na descrição das atividades em seus planos e sub-planos e nas medidas de controle. Também fica clara a falta de identificação dos fatores de desempenho, pois não há nenhuma recomendação de desempenho. O novo procedimento preenche essas lacunas, mostrando que é imprescindível utilizar a análise sistemática na revisão e elaboração dos procedimentos visando proteger o operador na realização das tarefas.

Como sugestão para estudos futuros, é proposto o aprofundamento na correlação entre o equipamento crítico e o procedimento crítico (pois um procedimento crítico pode não estar diretamente correlacionado ao equipamento crítico) e a avaliação dos fatores de desempenho através do estudo das diversas variáveis e de sua influência na execução da tarefa, dando aprofundamento em estudos das recomendações de desempenho baseadas em cálculos probabilísticos.

REFERÊNCIAS

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. **Job Hazard Analysis**. 1. ed. Washington, DC: OSHA, 2002.

BRASIL. Lei nº 8213 de 24 de julho de 1991. Institui os benefícios da previdência. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ano 170º da Independência e 103º da República. 1991.

CHAUÍ, Marilena. **Convite à filosofia**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2000.

NATIONAL SAFETY COUNCIL, **Accident prevention manual for industrial operations**. 1. ed. Chicago: NSC, 1946.

DICIO. **Dicionário online de português**, 2019. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/>. Acesso em: 24 nov. 2019.

FREITAS, Carlos M. de & SOUZA, Carlos A. V. de. Análise de causas de acidentes e ocorrências anormais, relacionadas ao trabalho, em uma refinaria de petróleo, Rio de Janeiro. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 5, p. 1293-1303, set-out. 2003.

GOMES, Ana C. O. Do Pensamento Sistemático ao Pensamento Sistêmico e Seus Reflexos na Ciência do Direito. **Revista de Teorias do Direito e Realismo Jurídico**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 80-102, 24 jul. 2015.

HEINRICH, Herbert W. **Industrial Accident Prevention: a scientific approach**. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 1931.

DIRETORIA DO ENSINO INDUSTRIAL. **Manual do inspetor de segurança**. 1. ed. São Paulo: Empresa Gráfica da Revista dos Tribunais, 1970.

MOURA, Alexandre. **Análise de Pareto na manutenção – 5 erros que “matam”**. 2017. Disponível em <http://www.gestaoproducaocomalexandro.com/analise-de-pareto-na-manutencao/>. Acesso em: 24 nov. 2019.

PELLEGRINI, Jerônimo C. **Álgebra linear**. 1. ed. Viçosa-MG: UFV, 2015.

RAJAK, Manindra & SHAW, Krishnendu. Evaluation and Selection of Mobile Health (mHealth) Applications using AHP and Fuzzy TOPSIS. **Technology in Society**, v. 59, p. 1-17.

RASMUSSEN, J. The role of error in organizing behaviour. **Qual Saf Health Care**, Roskilde, v. 12, p.377-385, 2003.

RIBEIRO FILHO, Leonídio Francisco. Inspeção de Segurança – Análise de Riscos. In: CURSO PARA ENGENHEIROS DE SEGURANÇA DO TRABALHO, 1979, São Paulo, 1979. v. 6, p. 1443-1458.

RIDLEY, John R. **Safety at work**. 4. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1994.

RIO GRANDE DO SUL. Superintendência Regional do Trabalho e Emprego. **Análises de acidentes do trabalho fatais no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2008.

SAATY, Thomas L. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. **Int. J. Services Sciences**, Pittsburgh, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SANTOS, Robinson dos. **Filosofia: uma breve introdução**. 1. ed. Pelotas: NEPFIL, 2014.

SLAVUTSKI, Luis c. **Metodologia para avaliação e classificação de causas de acidentes do trabalho**. 2010. 101 páginas. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GLENN, David D. Job Safety Analysis: its role today. **Professional Safety**, v. 56, n. 3, p. 48-57, mar. 2011.

SUPER DECISIONS. **Análise Hierárquica do Processo**. Versão 3.2.0. VCRvInfo 3197. Disponível em: <https://www.superdecisions.com/>. Acesso em: 15 mar. 2019.

TAYLOR, Frederick W. **Princípios de Administração Científica**. Tradução de Arlindo Vieira Ramos. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

THEOBALD, Roberto; LIMA, Gilson B. A. A Excelência em gestão de SMS: uma abordagem orientada para os fatores humanos. **Sistemas & Gestão**, v. 2, n. 1, p. 75-88, jan-abr. 2007.

ZHENG, W., SHUAI J., SHAN K. The Energy Source Based Job Safety Analysis and Application in the Project. **Safety Science**, v. 93, p. 9-15, 5 nov. 2016.

GLOSSÁRIO

ACIDENTE: Para este presente trabalho, utiliza-se a definição de acidente prevista na lei nº 8213 de 24 de julho de 1991, cuja institui os benefícios da previdência social, sendo esta:

Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (Lei nº 8213, 24 de Julho de 1991)

ANÁLISE DE SEGURANÇA DA TAREFA: Tradução livre de “*Job Safety Analysis*”. Neste trabalho, os termos Análise de Riscos da Tarefa e Análise de Segurança da Tarefa são considerados sinônimos.

ATIVIDADE: Subpartes de um procedimento. Ação; capacidade ou tendência para agir, para se movimentar, para realizar alguma coisa: atividade física; atividade do espírito. (DICIO, 2019)

PERIGO: Situação ou condição que representa um potencial de lesão (OSHA, 2002). Um produto químico acumulado em um recipiente representa um perigo.

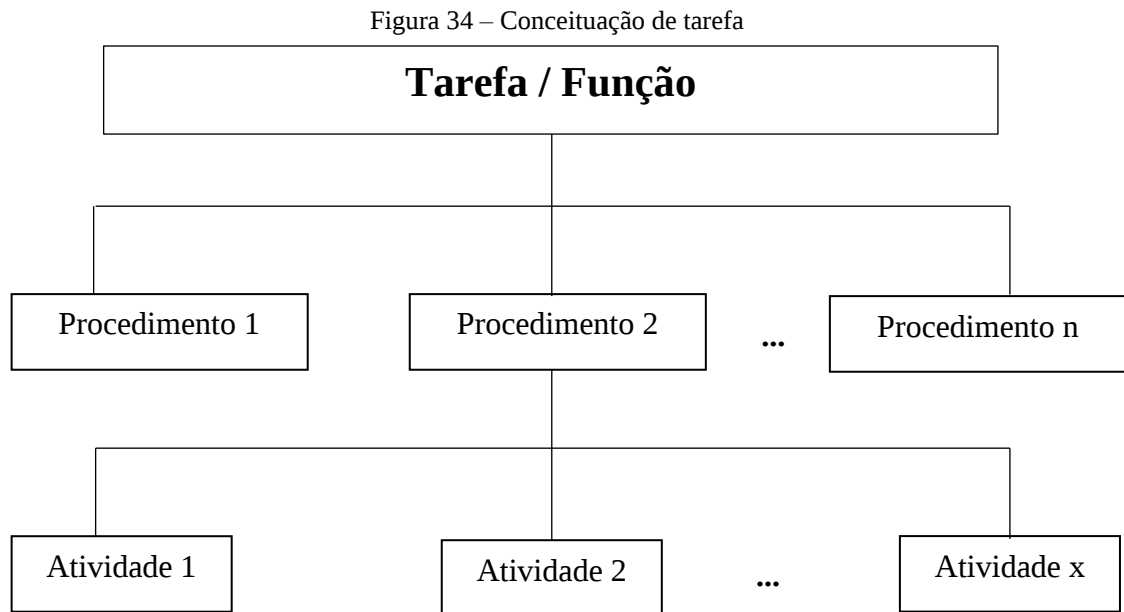
PROCEDIMENTO: Todas as ações do operador que acontecem entre a percepção de necessidade de intervenção em um equipamento e o final de sua atuação na máquina. Conjunto de atividades. Modo de fazer (algo); técnica, processo, método (DICIO, 2019)

RISCO: Interação com o perigo. Entende-se como a consequência da lesão e a frequência. Para este trabalho considera-se o risco como o perigo multiplicado pela consequência da lesão e pela frequência de interação com o perigo.

SISTEMÁTICO: Propriedade daquilo que é estruturado e metodológico. Significa partir do questionamento em si, validando questões e respostas. Para uma análise ser considerada sistemática, deve partir de três pressupostos: simplicidade – sempre é possível dividir um fenômeno em pequenas partes, estabelecendo relações entre estas, estabilidade – as leis de funcionamento do mundo podem ser conhecidas, previstas, controladas e revertidas, objetividade – os fenômenos podem ser conhecidos de forma única por todos.

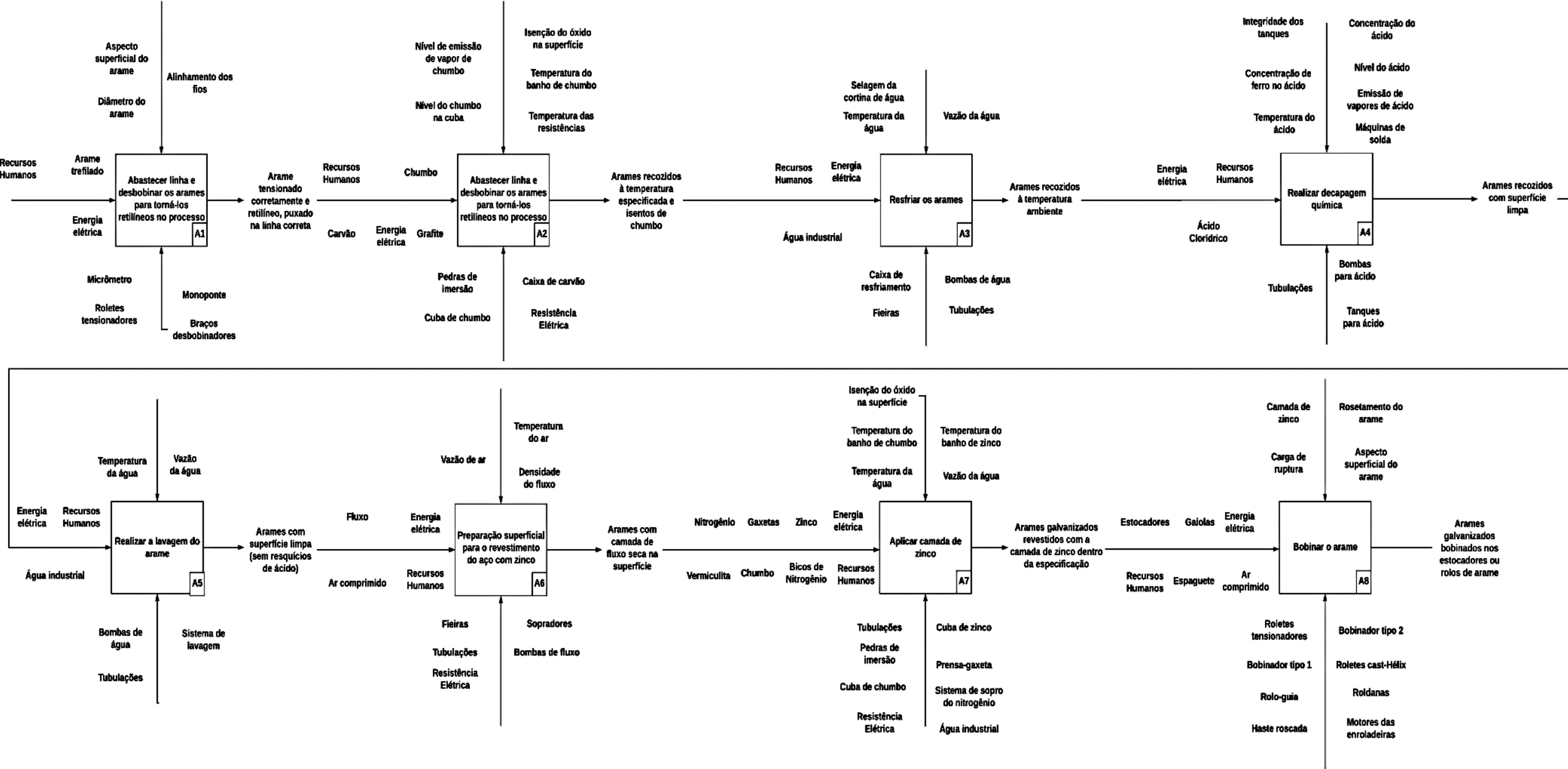
TAREFA: Quantidade de trabalho realizado ou a realizar dentro de um prazo determinado; empreitada; conjunto de procedimentos que são realizados pelos operadores de uma

determinada função (DICIO, 2019). Para exemplificar observe o fluxograma a seguir (onde “n” é o número de procedimentos da tarefa e “x” é o número de atividades do procedimento) retratado na figura 34.



FONTE: O Autor (2019)

APÊNDICE A – DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAIS



APÊNDICE B – COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Main Network: Equipamento Critico.sdmod

File Design Computations Help

Main Network: Equipamento Crítico.sdmod //

Network Judgments Ratings

1. Choose 2. Node comparisons with respect to Equipamento crítico 3. Results

Node Cluster

Choose Node

Equipamento cr~

Cluster: 1. Goal

Choose Cluster

2. Criteria

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Equipamento crítico" node in "2. Criteria" cluster

1. Segurança Operacional is moderately more important than 2. Impacto no meio ambiente

	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
1. 1. Segurança~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
2. 1. Segurança~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
3. 1. Segurança~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
4. 1. Segurança~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
5. 2. Impacto n~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
6. 2. Impacto n~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
7. 2. Impacto n~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
8. 3. Impactos ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
9. 3. Impactos ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
10. 4. Interação~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc

Inconsistency: 0.08359

	0.53134
1. Segura~	0.53134
2. Impact~	0.26434
3. Impact~	0.03009
4. Intera~	0.10253
5. Comple~	0.07170

Completed Comparison

Copy to clipboard

APÊNDICE C – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 1)

Main Network: Equipamento Crítico.sdmod

File Design Computations Help

Main Network: Equipamento Crítico.sdmod //

Network Judgments Ratings

1. Choose 2. Node comparisons with respect to Equipamento crítico 3. Results

Node Cluster

Choose Node

Equipamento cr~

Cluster: 1. Goal

Choose Cluster

2. Criteria

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Equipamento crítico" node in "2. Criteria" cluster

1. Segurança Operacional is moderately more important than 2. Impacto no meio ambiente

	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
1. 1. Segurança~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
2. 1. Segurança~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
3. 1. Segurança~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
4. 1. Segurança~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
5. 2. Impacto n~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
6. 2. Impacto n~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
7. 2. Impacto n~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
8. 3. Impactos ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
9. 3. Impactos ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc
10. 4. Interação~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cc

Inconsistency: 0.08359

	0.53134
1. Segura~	0.53134
2. Impact~	0.26434
3. Impact~	0.03009
4. Intera~	0.10253
5. Comple~	0.07170

Completed Comparison

Copy to clipboard

APÊNDICE D – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 2)

Main Network: Equipamento Critico.sdmod

File Design Computations Help

Main Network: Equipamento Critico.sdmod //

Network Judgments Ratings

1. Choose 2. Node comparisons with respect to 1. Segurança Operaci~ 3. Results

Node Cluster

Choose Node

1. Segurança O~

Cluster: 2. Criteria

Choose Cluster

3. Alternatives

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "1. Segurança Operacional" node in "3. Alternatives" cluster

2. Forno de chumbo is very strongly more important than 1. Desenroladeiras

		>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
1.	1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
2.	1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
3.	1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
4.	1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
5.	1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
6.	1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
7.	1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
8.	1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
9.	2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
10.	2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
11.	2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
12.	2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
13.	2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
14.	2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
15.	2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
16.	3. Resfriame~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.08795

1.	Desenr~	0.04985
2.	Forno ~	0.28329
3.	Resfri~	0.01613
4.	Decapa~	0.10051
5.	Lavagem	0.01900
6.	Fluxag~	0.07317
7.	Forno ~	0.25976
8.	Enrola~	0.03858
9.	Enrola~	0.15970

Completed Comparison

Copy to clipboard

APÊNDICE E – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 3)

Main Network: Equipamento Critico.sdmod

File Design Computations Help

Main Network: Equipamento Critico.sdmod //

Network Judgments Ratings

1. Choose 2. Node comparisons with respect to 3. Impactos de manut~ 3. Results

Node Cluster

Choose Node

3. Impactos de~

Cluster: 2. Criteria

Choose Cluster

3. Alternatives

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "3. Impactos de manutenção" node in "3. Alternatives" cluster

2. Forno de chumbo is very strongly to extremely more important than 1. Desenroladeiras

		>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
1. 1. Desenrola~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
2. 1. Desenrola~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
3. 1. Desenrola~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
4. 1. Desenrola~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
5. 1. Desenrola~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
6. 1. Desenrola~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
7. 1. Desenrola~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
8. 1. Desenrola~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
9. 2. Forno de ~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
10. 2. Forno de ~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
11. 2. Forno de ~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
12. 2. Forno de ~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
13. 2. Forno de ~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
14. 2. Forno de ~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
15. 2. Forno de ~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No
16. 3. Resfriame~	>=9.5											2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.09275

1. Desenr~		0.02383
2. Forno ~		0.28450
3. Resfri~		0.03064
4. Decapa~		0.11227
5. Lavagem		0.03010
6. Fluxag~		0.06563
7. Forno ~		0.32584
8. Enrola~		0.04957
9. Enrola~		0.07762

Completed Comparison

Copy to clipboard

APÊNDICE F – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 4)

Main Network: Equipamento Crítico.sdmmod

File Design Computations Help

Main Network: Equipamento Crítico.sdmmod //

Network Judgments Ratings

1. Choose 2. Node comparisons with respect to 4. Interação com o e~ 3. Results

Node Cluster

Choose Node

4. Interação c~

Cluster: 2. Criteria

Choose Cluster

3. Alternatives

Restore

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "4. Interação com o equipamento" node in "3. Alternatives" cluster

1. Desenroladeiras is moderately to strongly more important than 2. Forno de chumbo

		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
2. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
3. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
4. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
5. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
6. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
7. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
8. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
9. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
10. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
11. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
12. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
13. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
14. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
15. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No
16. 3. Resfriame~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5 No

Inconsistency: 0.08869

		0.17532
1. Desenr~		0.17532
2. Forno ~		0.07030
3. Resfri~		0.02020
4. Decapa~		0.03374
5. Lavagem		0.01788
6. Fluxag~		0.03048
7. Forno ~		0.32798
8. Enrola~		0.13327
9. Enrola~		0.19083

Completed Comparison

Copy to clipboard

APÊNDICE G – COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS (CRITÉRIO 5)

Main Network: Equipamento Crítico.sdmod

File Design Computations Help

Main Network: Equipamento Crítico.sdmod //

Network Judgments Ratings

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

5. Complexidad~

Cluster: 2. Criteria

Choose Cluster

3. Alternatives

Restore

2. Node comparisons with respect to 5. Complexidade de o~

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "5. Complexidade de operação" node in "3. Alternatives" cluster

1. Desenroladeiras is moderately more important than 2. Forno de chumbo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
2. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
3. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
4. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
5. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
6. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
7. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
8. 1. Desenrola~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
9. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
10. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
11. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
12. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
13. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
14. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
15. 2. Forno de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
16. 3. Resfriame~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.02295

1. Desenr~	0.13473
2. Forno ~	0.04933
3. Resfri~	0.02680
4. Decapa~	0.02680
5. Lavagem	0.02680
6. Fluxag~	0.02680
7. Forno ~	0.31503
8. Enrola~	0.12952
9. Enrola~	0.26420

Completed Comparison

Copy to clipboard

APÊNDICE H – MATRIZES PONDERADAS

Main Network: Equipamento Crítico.sdmod: Weighted Super Matrix

	Equipam~	1. Segu~	2. Impa~	3. Impa~	4. Inte~	5. Comp~
Equipam~	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1. Segu~	0.53134	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2. Impa~	0.26434	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3. Impa~	0.03009	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4. Inte~	0.10253	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
5. Comp~	0.07170	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1. Dese~	0.00000	0.04985	0.02621	0.02383	0.17532	0.13473
2. Forn~	0.00000	0.28329	0.35937	0.28450	0.07030	0.04933
3. Resf~	0.00000	0.01613	0.02173	0.03064	0.02020	0.02680
4. Deca~	0.00000	0.10051	0.13229	0.11227	0.03374	0.02680
5. Lava~	0.00000	0.01900	0.05034	0.03011	0.01788	0.02680
6. Flux~	0.00000	0.07317	0.12697	0.06563	0.03048	0.02680
7. Forn~	0.00000	0.25976	0.23133	0.32584	0.32798	0.31503
8. Enro~	0.00000	0.03858	0.02589	0.04957	0.13327	0.12952
9. Enro~	0.00000	0.15970	0.02589	0.07762	0.19083	0.26420