



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

RAFAELA MELO DE LIMA

**DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA ANÁLISE DE SEGURANÇA DAS
ATIVIDADES DA OPERAÇÃO NA INDÚSTRIA QUÍMICA**

Recife

2019

RAFAELA MELO DE LIMA

**DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA ANÁLISE DE SEGURANÇA DAS
ATIVIDADES DA OPERAÇÃO NA INDÚSTRIA QUÍMICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Vieira de Melo

Recife

2019

Catálogo na Fonte
Bibliotecário: Gabriel da Luz , CRB4 / 2222

L732d Lima, Rafaela Melo de.
Diretrizes para implementação da análise de segurança das atividades da
operação na indústria química / Rafaela Melo de Lima – Recife, 2019.
80 f.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Vieira de Melo.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Mecânica, 2019.
Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia Mecânica. 2. Segurança. 3. Pensamento sistemático. 4. Análise
de segurança das atividades. I. Melo, Ivan Vieira de (Orientador). III. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-474

RAFAELA MELO DE LIMA

**DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA ANÁLISE DE SEGURANÇA DAS
ATIVIDADES DA OPERAÇÃO NA INDÚSTRIA QUÍMICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Pernambuco com a
finalidade de obter o título de Bacharelado em
Engenharia Mecânica.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ivan Vieira de Melo
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Francisco Espedito de Lima
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

À Deus, por toda a força desde o primeiro dia em que deixei a casa dos meus pais para buscar o sonho do ensino superior. Durante todos esses anos a minha fé me sustentou e não me deixou desistir, mesmo quando essa parecia ser a única opção.

À minha família, por ter me apoiado apesar da saudade. Ao meu pai, Elenildo Lima, por me ensinar a sonhar. À minha mãe, Carmen de Melo, por me ensinar a ser forte. Ao meu irmão, Rafael Lima, por ser meu exemplo. À minha cunhada, Susan Melo, por todo o carinho. Aos meus tios, Edlene e Ivanildo Dantas, por proporcionarem a estrutura que eu precisava em Recife.

Aos meus amigos, por entenderem e participarem da minha jornada, mesmo quando eu achei que caminhava sozinha. À Manuella Moraes, por estar sempre apta a compartilhar seu conhecimento e por estar sempre com os ouvidos e o coração atentos. À Juliane Lopes e Marina Macêdo, por dividirem comigo as dores e alegrias dessa caminhada. À José Laurentino, Ramires Nogueira, Tayenne Lira, Manuella Duarte, Erika Ximenes, Rafael Castro, Luiz Fellipe e Luis Eduardo por todas as risadas e suporte contínuo. Não teria sido o mesmo sem vocês. Ao meu Pequeno Grupo, que foi fonte de renovo em meus dias mais cansativos.

Aos meus professores, Ivan Melo e Dayse Duarte, por dedicarem-se à correção deste trabalho e contribuírem com a minha formação pessoal e profissional. À todos os professores do departamento de engenharia mecânica, que ao longo dos anos transmitiram parte do seu conhecimento e participaram da minha construção acadêmica.

RESUMO

A complexidade dos sistemas industriais tem crescido juntamente com o nível de automatização dos processos, fazendo surgir novos perigos nas atividades operacionais. Esse contexto levanta a necessidade de que as ferramentas de identificação de perigos e prevenção de acidentes possuam diretrizes baseadas em métodos científicos comprovados, proporcionando aos profissionais de segurança uma abordagem clara e confiável para a sua implementação. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo propor um procedimento para aplicação das diretrizes com base no pensamento sistemático, também conhecido como o paradigma tradicional da ciência, para a implementação da ferramenta *Job Safety Analysis*, ou Análise de Segurança das Atividades, atendendo aos pressupostos de simplicidade, estabilidade e objetividade. Através dos resultados obtidos, o procedimento foi estabelecido, tendo como objeto de estudo uma indústria química localizada no estado de Pernambuco e utilizando como base para o estudo as atividades de operação. Os resultados mostram o sucesso na implementação do procedimento de implementação das diretrizes com base no pensamento sistemático, proporcionando uma aceitação positiva devido ao aumento do número de perigos identificados e da qualidade das recomendações de segurança, em comparação às análises realizadas com a metodologia tradicional.

Palavras-chave: Segurança. Pensamento sistemático. Análise de segurança das atividades.

ABSTRACT

The complexity of industrial systems has grown with the level of process automation, giving rise to new dangers in operational activities. This context raises the need for hazard identification and accident prevention tools to be applied in proven scientific methods, providing a clear and reliable approach of the implementation method for safety professionals. Thus, this paper aims to develop a procedure to apply the guidelines based on the systematic thinking, also known as the traditional paradigm of science, for an implementation of the Job Safety Analysis tool, meeting the assumptions of simplicity, stability and objectivity. Through the results obtained, the procedure was established at a chemical industry located in the state of Pernambuco, using the operational activities as the basis for the study. The results show a successful implementation of the procedure based on the systematic thinking, with a positive feedback due to the increase in the number of hazards identified and in the quality of safety recommendations, when compared to the analyzes performed with the former guidelines.

Keywords: Safety. Systematic thinking. Job safety analysis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	ANÁLISE DE SEGURANÇA DAS ATIVIDADES	14
2.2	FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA.....	31
2.2.1	Diagrama de blocos funcionais	34
2.2.2	Métodos de decisão multicritérios	35
2.2.2.1	Processo de hierarquia analítica	35
2.2.3	Análise hierárquica da atividade	36
3	METODOLOGIA	40
3.1	OBJETO DE ESTUDO	41
3.2	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	42
3.3	PESQUISA DE CAMPO.....	43
3.4	DEFINIÇÃO DO SISTEMA.....	45
3.5	DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	46
3.6	DETERMINAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONTORNO.....	47
3.7	DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA	48
3.8	IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS ASSOCIADOS ÀS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA.....	50
3.9	RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA.....	50
4	RESULTADOS	51
4.1	PESQUISA DE CAMPO.....	51
4.2	A INDÚSTRIA QUÍMICA – DEFINIÇÃO DO SISTEMA.....	51
4.3	PROCESSO FLUIDIZADO – DEFINIÇÃO DO SISTEMA	53
4.4	EQUIPAMENTO CRÍTICO – DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONTORNO	54
4.5	NERAK – DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO	58
4.6	ATIVIDADES OPERACIONAIS – IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS ASSOCIADOS E RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	64
5	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS	71
	GLOSSÁRIO	73
	APÊNDICE A – TELAS DO PROGRAMA SUPERDECISION	74

1 INTRODUÇÃO

A revolução industrial foi responsável por desencadear mudanças significativas no tecido social, econômico e político, guiando a sociedade pelas grandes transformações que aconteceram nos dois últimos séculos. Além dos avanços tecnológicos, da criação e expansão de novos mercados e da inserção de novos produtos, surgiram também preocupações antes inexistentes no sistema de produção artesanal, relacionadas a jornada de trabalho exaustiva, a segurança operacional e a saúde dos trabalhadores.

Com o avanço na complexidade do sistema industrial, o mercado se tornou mais competitivo, fazendo com que muitas empresas decidissem priorizar a produtividade em detrimento das condições de trabalho da classe operária, formada por homens, mulheres e crianças que tinham longas jornadas de trabalho sem intervalos de descanso em galpões mal ventilados e sem iluminação adequada.

Essas condições fizeram com que o número de acidentes e doenças ocupacionais disparasse, resultando em reivindicações dos trabalhadores por melhores condições no ambiente de trabalho. O sistema político, desafiado pela pressão popular, respondeu com a criação de leis trabalhistas e normas regulamentadoras, como a Lei de Proteção dos Trabalhadores outorgada em 1802 na Inglaterra, colocando sobre os empregadores a responsabilidade pela segurança e integridade dos seus funcionários.

Em 1927, Elton Mayo realizou um experimento em uma indústria elétrica, localizada no distrito de Hawthorne, para estudar a relação entre as boas condições do ambiente de trabalho e a produtividade da operação. Um grupo de controle foi selecionado e observou-se o desempenho de cada funcionário em diferentes níveis de iluminação das bancadas de trabalho, contabilizando o número de peças produzidas por eles em cada um desses cenários.

A conclusão do estudo foi de que a produtividade dos funcionários é diretamente proporcional a qualidade de vida que eles vivenciam durante o expediente de trabalho, incluindo também aspectos emocionais relacionados ao senso de pertencimento e propósito. As grandes empresas, que através da ótica capitalista antes enxergavam a segurança das pessoas como um requisito legal oneroso, tiveram o interesse despertado pela perspectiva de lucro com os resultados obtidos por Mayo, passando a financiar estudos para a estruturação dos primeiros programas de segurança.

Na transição entre as décadas de 30 e 40, a indústria do aço se destacava por produzir a principal matéria-prima para os carros, pontes, aeroportos e equipamentos militares, contando com milhares de funcionários e também com um número cada vez maior de acidentes e

fatalidades nas suas instalações. (SWARTZ, 2001) A indústria do aço passou a ser uma das protagonistas do movimento pela segurança operacional, participando ativamente dos fóruns de discussão da época e contribuindo para o desenvolvimento e evolução das ferramentas de análise e prevenção de acidentes.

Na década de 50, o engenheiro de segurança da Indústria de Aços Bethlehem escreveu para a revista do Conselho Nacional de Segurança dos Estados Unidos (NSC) sobre a estratégia do programa de segurança adotado pela companhia, citando a ferramenta *Job Safety Analysis*, ou Análise de Segurança das Atividades, como uma ferramenta que se tornou um dos principais pilares responsáveis pela eficácia do programa. (GLENN, 2011)

Essa ferramenta foi citada pela primeira vez por Heinrich em 1931 no livro *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach* (em tradução livre, Prevenção de Acidentes Industriais: uma abordagem científica), enquanto se referia ao processo de análise utilizado para criar procedimentos operacionais que contribuíssem com o aumento da produtividade, estabelecendo uma conexão entre a descrição das etapas da atividade e a segurança operacional.

A Análise de Segurança das Atividades é feita através da divisão das atividades em etapas (ou tarefas), da avaliação individual de cada uma delas para a identificação dos potenciais perigos à segurança operacional e da prevenção ou eliminação desses perigos através da proposta de contramedidas. As atividades são selecionadas e analisadas através de um “passo a passo” para fornecer um procedimento que indique como realiza-las com segurança. (SWARTZ, 2001)

O NSC define a Análise de Segurança das Atividades tanto como o processo analítico de desenvolvimento de procedimentos operacionais mais seguros quanto como o documento que é gerado como resultado da análise. (GLENN, 2011) Segundo Florczak (2001), a ferramenta é um procedimento escrito que pode ser utilizado para a revisão dos métodos de trabalho e para a análise de perigos que não foram identificados durante a fase de desenvolvimento da atividade, servindo também como base para treinamentos de segurança.

Dentre os benefícios obtidos pelo uso da ferramenta nos programas de segurança, Swartz (2001) cita o aumento na percepção de risco dos funcionários, uma maior assertividade no conteúdo dos treinamentos, redução dos perigos associados as atividades e aumento de eficiência ocasionado pela criação de procedimentos confiáveis, com informações claras a respeito de como a atividade pode ser executada com segurança. Ringdahl (2001) caracteriza a ferramenta como simples, fácil de ensinar e bem aceita pelos times operacionais, enquanto Albrechtsen (2019) pontua sua versatilidade ao mostrar que ela vem sendo utilizada em diferentes setores, como o da construção civil, indústria petrolífera, entre muitos outros.

Entretanto, a ferramenta apresenta limitações no que tange à sistematização do processo de análise, por não ter sido desenvolvido, ao longo dos anos, um procedimento de implementação das diretrizes com base no pensamento sistemático.

O pensamento sistemático no qual se baseia este presente trabalho, também conhecido como paradigma tradicional da ciência, se baseia em três pressupostos: simplicidade, estabilidade e objetividade. Vasconcellos (2008) define a simplicidade como o conceito de que separando-se o mundo complexo em partes, encontram-se elementos mais simples capazes de proporcionar o entendimento do todo. A estabilidade relaciona-se às crenças de que o mundo é estável e de que os fenômenos são previsíveis e controláveis. A objetividade é tida como critério de cientificidade, afirmando que é possível conhecer o mundo tal como ele é na realidade.

A simplicidade é um esforço científico de análise de um todo complexo através das suas partes. No pressuposto admite-se que os fenômenos ocorrem através de relações causais lineares, onde a causa precede o efeito, e que através da separação e da classificação das partes é possível reduzir um fenômeno complexo a um fenômeno mais simples e melhor compreendido.

A partir da separação das partes, que é chamada de operação de disjunção ou operação disjuntiva, que separa o que está ligado, estabelecem-se categorias, para em seguida proceder-se à classificação dos objetos ou fenômenos, já então concebidos como entidades delimitadas e separadas umas das outras. É o que fazem, por exemplo, o químico, quando classifica os elementos químicos; o biólogo, quando classifica os seres vivos; o psicólogo, quando classifica as pessoas em tipos psicológicos, em tipos de personalidade. (VASCONCELLOS, 2008, p. 75)

O pressuposto da estabilidade tem seu conceito baseado na explicação, previsão e controle dos fenômenos. Define-se que através da compreensão das relações funcionais, ou leis, entre as variáveis é possível prever a ocorrência ou a não-ocorrência do fenômeno. Além disso, admite que os fenômenos são reversíveis, ou seja, que é possível retorná-los ao seu estado inicial, implicando, portanto, na sua controlabilidade.

Da reversibilidade dos fenômenos decorre, como corolário, sua controlabilidade. As transformações reversíveis definem a possibilidade de agir sobre o sistema, de controlá-lo, de manipulá-lo. (VASCONCELLOS, 2008, p. 87)

A objetividade afirma que o distanciamento entre sujeito (observador, analista, cientista) e objeto (fenômeno, sistema) é capaz de proporcionar condições reproduzíveis devido a um melhor acesso à realidade. Esta realidade, de acordo com o pressuposto, possui uma única versão (uni-verso) e independe do observador, que é munido de subjetividade.

Os procedimentos de implementação das diretrizes, elaborados desde o surgimento da ferramenta, falham em atender a esses três pressupostos. A priorização para a definição dos sistemas e a descrição das atividades não é feita através do estabelecimento de relações causais lineares entre as diferentes partes do sistema ou da atividade, ao invés disso, é feita com base no histórico de acidentes e incidentes da organização. Não fica estabelecido um modelo lógico para ser seguido durante todo o desenvolvimento da análise.

Os métodos de abordagem do sistema e das atividades não possuem estabilidade, pois falham ao não estabelecer de forma clara uma relação funcional entre as partes que constituem o todo e ao não descrever a contribuição de cada uma delas para alcançar o objetivo geral. Todo sistema é dotado de um propósito, uma função, e nenhuma das partes individuais que o constitui pode satisfazer esse propósito por si só. (PIERCE, 2002) Dessa forma, é necessário entender as conexões existentes dentro de um sistema complexo para ser capaz de explicar, prever e controlar os fenômenos associados a ele, que no caso desse trabalho são os fatores associados à segurança operacional dentro das organizações.

A objetividade, que consiste no distanciamento entre o sujeito e o objeto, tem como foco o estabelecimento de condições reproduzíveis através da compreensão da realidade como ela é. As diretrizes disponíveis atualmente na literatura da ferramenta de Análise de Segurança das Atividades conduzem a recomendações de segurança em sua maioria genéricas, que dão abertura para interpretação a partir do ponto de vista de quem está lendo.

Além disso, na revisão da literatura foi também evidenciada uma desconexão entre a segurança das pessoas obtida com os resultados da análise e os valores organizacionais, como qualidade do produto e baixo impacto ambiental, impactando na percepção da relevância da ferramenta para as organizações.

A segurança não se estabelece sozinha; ela deve operar efetivamente (em equilíbrio) com as outras partes para que o sistema alcance seu propósito. No mundo dos negócios, esse propósito seria obter lucro, aumentar o patrimônio líquido ou, no caso de uma associação não lucrativa, cumprir seu objetivo dentro do orçamento. (PIERCE, 2002, p. 50)

Entendendo a importância da ferramenta e em vista das vulnerabilidades encontradas, este trabalho tem como objetivo oferecer um procedimento de implementação da ferramenta que alinhe as diretrizes existentes aos pressupostos do método científico, usando como objeto de estudo a operação na Indústria Química.

1.1 Justificativa

O século XVII ficou conhecido como o século da nova ciência, pois levou ao amadurecimento de uma nova visão de mundo e de uma nova concepção do saber. Neste período houve contribuições de diferentes pensadores, com Descartes como uma das principais referências da época, sendo a ele atribuída a teoria do conhecimento conhecida como racionalismo.

O racionalismo, defendido por Descartes, defende que a fonte do verdadeiro conhecimento é a razão (CHIBENI, 1993) e define a evidência, a análise, a síntese e o controle como seus princípios. A evidência consiste em não admitir algo como verdadeiro até que se possa prova-lo; a análise defende a divisão dos problemas em partes menores para solucioná-los com mais eficiência; a síntese estabelece ordem na resolução de problemas ao partir sempre do mais simples ao mais complexo; e o controle defende a revisão constante dos trabalhos para evitar que algo seja omitido ou negligenciado.

Essas contribuições da filosofia no campo da ciência, em conjunto com outros pensadores e cientistas da época, foi o que consolidou os pressupostos do pensamento sistemático ou paradigma tradicional da ciência. A simplicidade, por exemplo, encontra referência nos princípios de análise e evidência defendidos por Descartes.

A ciência tradicional e seus pressupostos permanecem relevantes em nossos dias, direcionando o desenvolvimento de trabalhos científicos. O método traz propriedade para as aplicações, visto que tem sua eficácia comprovada através dos muitos anos em que vem sendo empregado.

Na ferramenta de Análise de Segurança das Atividades, constatou-se, na revisão de literatura, que a forma tradicional de aplicação é através de procedimentos que não seguem os pressupostos do pensamento sistemático. As atividades são selecionadas levando em consideração o histórico de acidentes ou incidentes, sem uma priorização baseada no detalhamento do sistema em partes menores para posterior identificação do que é crítico, contrariando o pressuposto da simplicidade.

Além disso, os procedimentos não conectam as diferentes partes do sistema através da compreensão das suas leis de funcionamento. Dessa forma, segundo o pressuposto da estabilidade, não é possível prever ou controlar os fenômenos. Por fim, a falta da objetividade se reflete nas recomendações de segurança genéricas, que permitem diferentes interpretações dependendo do observador.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um procedimento de aplicação das diretrizes com base no método científico, atendendo aos critérios de simplicidade, estabilidade e objetividade. Dessa forma, é possível aplicar a metodologia e as diretrizes já existentes com base em conceitos comprovados e com resultados reprodutíveis.

Essa forma de implementação da ferramenta, baseada no pensamento sistemático, garante que a priorização seja direcionada para o que é crítico no contexto analisado, que o sistema é detalhado e compreendido através das leis que regem seu funcionamento e que as recomendações geradas na análise contribuem com o aumento da segurança operacional.

1.2 Objetivos

Para a realização deste trabalho foram definidos um objetivo geral e seis objetivos específicos, detalhados a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

Aplicar a ferramenta de Análise de Segurança das Atividades, ajustada aos pressupostos básicos do Pensamento Sistemático, em uma indústria química do Estado de Pernambuco.

1.2.2 Objetivos específicos

- Priorizar a área de implementação da ferramenta;
- Descrever o sistema a ser estudado;
- Identificar os subsistemas críticos;
- Detalhar as atividades de operação;
- Identificar e avaliar os perigos associados a segurança das atividades de operação;
- Elaborar recomendações de segurança.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo dedica-se à construção de uma base de conhecimento para a elaboração do trabalho. Serão abordadas a revisão de literatura da ferramenta e a fundamentação metodológica, onde são detalhadas as metodologias utilizadas pelos diversos autores ao longo dos anos e as ferramentas adicionais necessárias para a aplicação da ferramenta como proposto neste trabalho.

2.1 Análise de Segurança das Atividades

As atividades laborativas surgiram e evoluíram junto com o homem, passando pela atividade predatória, agricultura, artesanato e evoluindo para a manufatura industrial com o advento da máquina a vapor no século XVIII. Esse novo contexto, onde homens, mulheres e crianças trabalhavam jornadas exaustivas em galpões sem ventilação e mal iluminados, foi o responsável por levantar as primeiras discussões a respeito dos perigos que poderiam comprometer a saúde e segurança dos trabalhadores.

A revolução industrial teve, pois, consequências profundas sobre a sociedade e a saúde do homem nas empresas e nas minas. Instalaram-se novas relações de produção, às quais corresponderam diferentes relações de trabalho, alterou-se profundamente a relação homem/instrumentos de trabalho/matérias-primas, e inerentemente, advieram novos riscos decorrentes de novas formas de energia, novas máquinas e ritmos de trabalho mais intensos. De facto, diferentemente do período pré-industrial, em que apenas se utilizava a energia humana e animal, agora são utilizadas massivamente as máquinas alimentadas a vapor, ao mesmo tempo que aumenta substancialmente o uso da energia humana com o emprego intensivo de mulheres e crianças. (SILVA, 2014, p. 55)

O número de acidentes nas instalações industriais começou a crescer em número e na severidade das lesões, muitas delas fatais, fazendo com que a população operária organizasse reivindicações, que forçaram o poder público a responder com leis que regulamentassem as relações entre trabalhadores e empregadores.

Em 1802 foi outorgada na Inglaterra a que ficou conhecida como a 1ª Lei de Proteção do Trabalhador, que estabelecia um limite máximo para a jornada de trabalho e obrigava que houvesse ventilação nos galpões. Entretanto, a primeira lei que teve sua eficácia reconhecida no que tange à regulamentação das relações trabalhistas na Inglaterra só foi aprovada em 1933, conhecida como Lei das Fábricas. Essa lei proibiu o trabalho noturno para crianças com menos de 12 anos e reduziu a jornada de trabalho delas para 48 horas semanais, instaurando também

inspeções para garantir o cumprimento da lei e aplicar sanções caso identificada alguma não conformidade. (SILVA, 2014)

A obrigatoriedade em fornecer condições de trabalho adequadas, sob o risco de pagar multas caso as leis não fossem cumpridas, fez com que a segurança fosse vista, sob a ótica capitalista, como um empecilho para o lucro e produtividade das indústrias.

Apenas em 1927, com o estudo de Elton Mayo na Western Electric, que ficou conhecido como o estudo Hawthorne por esse ser o nome do distrito onde estava localizada a indústria, foi estabelecida uma relação entre as boas condições no ambiente de trabalho e a produtividade dos trabalhadores. O principal objetivo do estudo era mensurar o rendimento das pessoas em diferentes níveis de iluminação das bancadas de trabalho, detectando a influência dos fatores ambientais na produtividade. (SILVA, 2014)

A partir daí iniciou-se o desenvolvimento dos programas de segurança, que agora contavam com o incentivo dos grandes donos das indústrias. Ferramentas de análise começaram a ser elaboradas, com o intuito de prevenir acidentes e tornar as instalações mais seguras, evitando custos com lesões ou afastamentos e aumentando a produtividade da operação.

A indústria do aço alcançou grande notoriedade no início do século XX, por ser fonte de matéria prima para pontes, carros, aviões e armas. Suas instalações contavam com um número exorbitante de funcionários e também com um número crescente de fatalidades. (SWARTZ, 2001) Sendo assim, esse setor tornou-se referência para a implementação das ferramentas de segurança, ocupando espaço em diversos fóruns de discussão e influenciando muitas pesquisas nesse campo.

Em um dos fóruns organizados pelo Conselho Nacional de Segurança dos Estados Unidos (NSC), o engenheiro de segurança das Indústria de Aços Bethlehem relatou a eficácia do programa de segurança estabelecido na organização, atribuindo-o ao uso da ferramenta de Análise de Segurança das Atividades.

Heinrich foi o primeiro autor a utilizar o termo Análise de Segurança das Atividades, formalizando a sua aplicação através de um formulário proposto em seu livro “Prevenção de Acidentes Industriais: Uma abordagem científica”, no ano de 1931. (GLENN, 2011)

A figura 1 mostra o formulário de análise proposto por Heinrich, onde ele lista na coluna à esquerda todos os tipos de equipamentos que podem estar envolvidos no acidente, cruzando com as categorias de condições perigosas que podem ser encontradas. Em sua abordagem, o autor não relaciona essas duas informações e os perigos através de relações causais lineares, não atendendo ao pressuposto de simplicidade.

Figura 1 – Primeiro formulário utilizado para implementação da análise de segurança das atividades.

Nome:		Localização:							
Quem preparou:		Data:							
Equipamentos	Condição perigosa: mecânica ou física	Localização inadequada	Defeito no equipamento	Perigo identificado em procedimento associado ao equipamento	Iluminação inadequada	Ventilação inadequada	Traje inadequado	Diversos	Total
	Máquinas								
Elevadores									
Aparelhos de elevação e transportadores									
Bombas e motores									
Aparelhos elétricos									
Ferramentas manuais									
Caldeiras e vasos de pressão									
Diversos									
Total									

Fonte: Adaptado de Heinrich (1931).

Heinrich também não define um critério para o que é “inadequado”, termo bastante utilizado em seu formulário, e faz com que essa definição dependa da interpretação de quem está analisando a atividade, não satisfazendo ao critério de objetividade. O autor, portanto, não constrói um entendimento acerca das leis que regem as variáveis, proporcionando uma aplicação da ferramenta que não é capaz de prever e controlar os fenômenos e falhando no pressuposto da estabilidade.

Dunn (1972), em seu artigo intitulado “Uma técnica de análise de segurança derivada da análise de habilidades”, aponta a necessidade de uma ferramenta que analise e identifique os desvios existentes entre os comportamentos humanos e as exigências das atividades, a fim de prevenir os acidentes que vinham ocorrendo na época. Segundo o autor, era comum a prática de procurar por “culpados” pelos acidentes ao invés de investir em ações que tornassem as atividades seguras de forma a evitar que eles acontecessem.

O autor foca no comportamento humano durante a realização das tarefas, dividindo a atividade em três estágios: recepção, processamento e ação. No estágio de recepção, o indivíduo

internaliza os estímulos externos através dos sentidos (visão, audição, tato, paladar e cinestesia), criando as leituras sensoriais utilizadas no estágio de processamento. Neste estágio as leituras sensoriais serão interpretadas e transformadas em sinais que serão transmitidos ao músculos para gerar movimento e atingir o estágio da ação.

Segundo essa metodologia, o primeiro passo é identificar a atividade a ser avaliada e analisa-la em cada um dos três estágios, subdividindo-a em etapas menores. O fluxo de informação entre os estágios deve ser avaliado a fim de identificar qualquer quebra de continuidade que possa causar um acidente.

A avaliação inclui a observação do comportamento do operador durante a execução do trabalho, entrevistas com funcionários que realizam a atividade e análise de cada uma das sub tarefas separadamente. O quadro 1 mostra um exemplo de análise de segurança realizada por Dunn para a atividade de corte com motosserra na indústria madeireira, onde é possível evidenciar a desconexão entre os diferentes estágios da análise.

O autor indica a realização de uma divisão das atividades em etapas menores, mas não evidencia o efeito disso na redução da complexidade dos fenômenos, não atendendo ao princípio de simplicidade. As recomendações genéricas que resultam da análise não contribuem diretamente para a segurança da atividade, permitindo diferentes interpretações do que é proposto, falhando também em sua objetividade. Entretanto, o autor estabelece relações funcionais entre as variáveis que ele definiu, como mostra o quadro 1, sendo portanto uma análise estável.

Mattila (1985) sugere uma forma de aplicação do método de análise nomeando-o de *Job load and hazard analysis*, que em tradução livre é a “análise dos perigos e da carga de trabalho da atividade”. Para ele, os outros métodos em uso na época eram “limitados em relação ao escopo e ao objeto de aplicação, muito complexos para uso no cotidiano”. A estrutura sugerida pelo autor está ilustrada na figura 2.

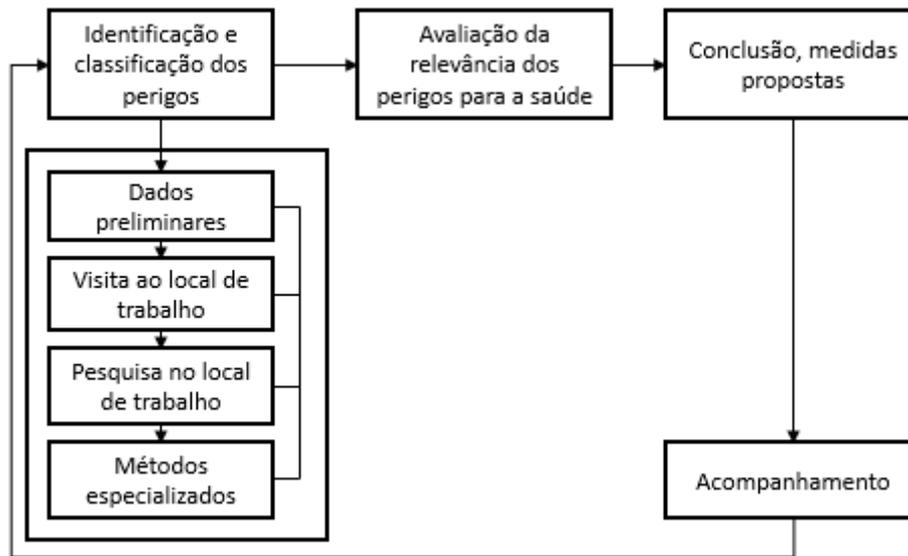
Quadro 1 – Exemplo de análise de segurança realizada na indústria madeireira.

ANÁLISE DE SEGURANÇA DA ATIVIDADE DE CORTE COM MOTOSSERRA				
Função: operador de motosserra Atividade: corte com motosserra				
RECEPTORES				
Sentidos	Fonte	Informação	Interferência	Resultado
Visão	Barra guia; fita métrica	Tamanho da tora de madeira; ponto de corte	Fora do alcance visual	Motosserra ricochetear
Audição	Barulho do equipamento	Velocidade da serra	Protetores auditivos	Controle prejudicado
Cinestesia	Vibração da serra; Movimento da Serra	Força para segurar a ferramenta; corpo estranho na madeira	Cabo de borracha; Peso da ferramenta	Dificuldade na detecção de falhas da motosserra
Tato	-	-	-	-
Paladar	Queimação	Sinal de Perigo	-	-
PROCESSAMENTO - MEMÓRIA				
Tipo de Memória	Informação retida	Informação perdida	Resultado	
Curto Prazo	-	-	-	
Longo Prazo	Condição da motosserra	Níveis de óleo e combustível	Motosserra para inesperadamente	
RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA				
Perigo	Fonte	Dano	Precauções	
Barulho	Ferramenta e corte	Surdez	Protetor auditivo	
Vibração	Ferramenta e corte	Doença de Raynaud	Luvas e cabo de borracha	
Gases	Exaustão	-	Exaustão direcionada para longe do operador	
Poeira	Resíduo da madeira	Dano ocular	Tela protetora no capacete	
Temperatura	Frio no inverno	Doença de Raynaud	Luvas	
Outros	Queda de galhos	Lesão na cabeça	-	

Fonte: Adaptado de Dunn (1972).

A etapa de identificação e classificação dos perigos associados a atividade começa com um questionário que reúne as informações mais básicas associadas ao ambiente de trabalho, incluindo número de funcionários, lista de equipamentos, inventário de químicos utilizados, exames médicos obrigatórios, dentre outras informações que fornecem uma visão geral ao analista.

Figura 2 Estrutura do método para implementação da ferramenta, sugerida por Mattila (1985).



Fonte: Adaptado de Mattila (1985).

Ainda nesta etapa, outro formulário é preenchido, dessa vez listando os perigos mais comuns ao ambiente de trabalho e pontuando cada um deles em uma escala simples: 0 para “não se aplica”, 1 para “até certo ponto pode afetar a saúde dos trabalhadores” e 2 para “muitos perigos encontrados, afeta a saúde dos trabalhadores”. Os perigos listados podem ser classificados em: químicos, físicos, ergonômicos, de estresse mental ou de probabilidade de acidente. Este formulário está ilustrado na figura 3.

Finalizada a coleta de dados inicial, o time responsável e a liderança do local onde está sendo realizada a análise se reúnem para discutir os dados encontrados, e todas as tarefas analisadas durante a investigação são discutidas e avaliadas em conjunto, dando início a segunda etapa.

Na etapa de avaliação da relevância dos perigos para a saúde são propostas ações de contramedida para todos os perigos encontrados, que é o objetivo principal da análise. Na etapa de conclusão e proposta de ações de contramedida, são priorizadas as tarefas com maiores classificações de perigo.

Figura 3 - Formulário de análise preliminar dos perigos associados a atividade, proposto por Mattila (1985).

FORMULÁRIO DE ANÁLISE DE SEGURANÇA DA ATIVIDADE		
Empresa:		
Local de Trabalho:		
Data:		
Analista:		
Ocupação:		
Atividade:		
Número de funcionários:		
Tipo de Perigo	Escala de severidade 0 ^a 1 ^b 2 ^c	Comentários
Químicos		
Físicos		
Ergonômicos		
Estresse mental		
Probabilidade de acidente		
Outros comentários e propostas:		
^a Não se aplica. ^b Até certo ponto pode afetar a saúde dos trabalhadores. ^c Muitos perigos encontrados, afeta a saúde dos trabalhadores.		

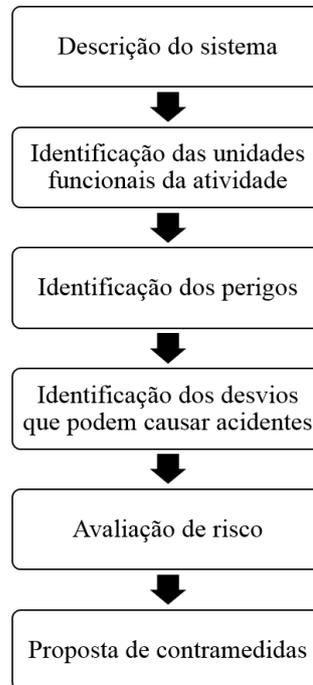
Fonte: Adaptado de Mattila (1985).

Mattila não dedica uma etapa da análise para detalhamento do sistema, e também não se preocupa com a separação da atividade em tarefas para estabelecer as relações causais lineares com os perigos existentes em cada uma delas. Ao focar apenas na identificação e classificação dos perigos através de uma visão mais geral da atividade, o autor não consegue expor de forma clara as leis de funcionamento entre as variáveis. Na sua classificação de severidade, o autor não determina de forma objetiva como ela deve ser interpretada. A expressão “até certo ponto” pode ser vista de forma diferente por diferentes leitores, assim como a quantificação que determina quantos são “muitos perigos”. Sendo assim, o autor falha em atender ao três pressupostos do pensamento sistemático.

Outro trabalho acerca da implementação da Análise de Segurança das Atividades foi escrito por Rundmo, Sten e Kjéllen em 1990, uma época onde era visível o constante crescimento da automação industrial e o surgimento dos processos computadorizados. Esse contexto levantou preocupações acerca dos novos perigos aos quais os operadores estariam sujeitos, pois apesar de o número de acidentes ter decaído na época, a severidade havia

aumentado. Os autores trazem uma abordagem da ferramenta para atender a essa necessidade, que segue os seis passos descritos na figura 5.

Figura 4 – Fluxograma do modelo proposto por Rundmo, Sten e Kjéllen para a análise de segurança.



Fonte: A autora (2019).

Os autores iniciam com uma descrição do sistema e uma divisão da atividade em unidades funcionais, com base no layout da área e observações do processo. São levantadas e detalhadas as funções pertinentes a cada unidade funcional, ou tarefa, para então iniciar a identificação dos perigos com base no modelo energético, que leva em consideração os tipos de energia associados a atividade, podendo ser de origem química, mecânica ou elétrica.

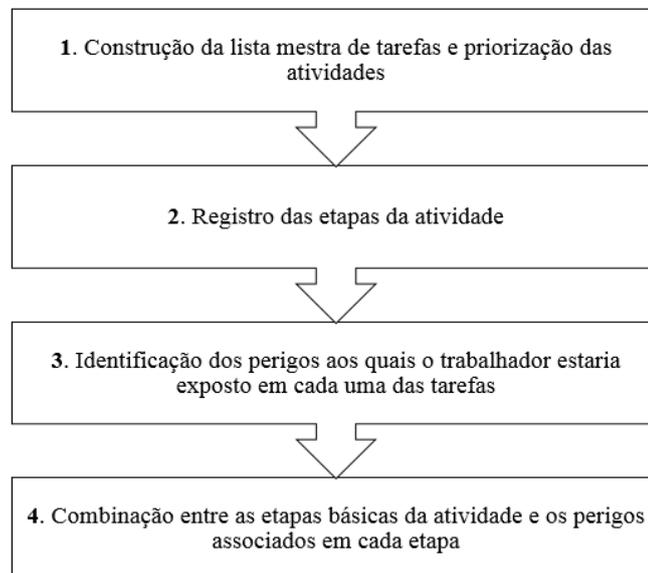
Quanto aos desvios com potencial de causar acidentes, os autores usam as categorias de erros humanos, falhas técnicas e falhas do sistema de segurança, porém neste ponto não deixa claro quais são as características que determinam a classificação. Estes desvios, após serem categorizados, são analisados um a um para a avaliação dos riscos, resultando em um fator que reflète a probabilidade, a consequência e o nível de exposição, medidos na escala de 1 a 3. Com isso, as sugestões de contramedidas de segurança são organizadas pelos autores em quatro categorias: medidas individuais, de organização do trabalho, quanto ao equipamento técnico e medidas de segurança.

Os autores satisfazem o princípio de simplicidade ao proporcionar uma divisão do sistema e das atividades em unidades mais simples e melhor compreendidas, que são

classificadas de acordo com os critérios que eles estabelecem. Entretanto, eles não determinam quais são as leis de funcionamento que regem essas unidades funcionais e todas as variáveis envolvidas, falhando em atender ao pressuposto de estabilidade. Também não há um direcionamento acerca da forma como as atividades devem ser descritas, sem explicitar quais aspectos são relevantes para o detalhamento ou qual modelo deve ser seguido, deixando isso como responsabilidade do analista. Esse é um aspecto subjetivo da análise e faz com que os autores não atendam ao critério de objetividade.

Para Swartz (2001), o processo de construção de uma Análise de Segurança das Atividades é constituído de quatro etapas, listadas na figura 5.

Figura 5 – Fluxograma proposto por Swartz (2001) para a implementação da ferramenta.



Fonte: A autora (2019).

O primeiro passo no desenvolvimento da análise é a construção da lista mestra, que deve conter o inventário completo das atividades que são realizadas na planta. Apesar de não existir uma forma ideal de organizar a lista mestra, todas as atividades devem ter a prioridade designada com base nos perigos associados, e as atividades com a prioridade mais elevada devem ser analisadas primeiro. (SWARTZ, 2001, p.30)

A lógica de priorização sugerida por Swartz (2001) é feita de acordo com a ordem a seguir:

- a) Atividades que tenham o potencial de causar um acidente grave ou fatalidade;
- b) Atividades que produzem lesões ou doenças ocupacionais consistentemente;
- c) Atividades que resultaram em casos de alta severidade de lesões;
- d) Atividades que tem o potencial de causar lesões ou doenças com alta frequência;

- e) Atividades novas, ou que envolvam novas máquinas ou processos;
- f) Atividades que tenham alta incidência de quase acidentes, prejuízo material ou na propriedade;
- g) Todas as outras atividades.

Como é possível inferir, a priorização é baseada no histórico, pois apesar de indicar também as atividades com “potencial” de causar acidentes, o autor não fornece nas diretrizes informação suficiente para a identificação desse nível de criticidade. Sendo assim, na prática, o direcionamento da análise é feito pela interpretação da equipe na leitura dos dados históricos, já mostrando uma falha no atendimento ao pressuposto da objetividade.

A análise de cada atividade é registrada no formulário fornecido por Swartz, mostrado na figura 6, onde são preenchidas as informações básicas (local de realização da análise, atividade descrita, nome do time participante), a descrição da atividade, os perigos encontrados em cada etapa e as recomendações de segurança para a realização da atividade.

Apesar de a estrutura para a divisão da atividade não ser clara, o autor consegue estabelecer uma relação causal linear entre as tarefas, os perigos e as recomendações, atendendo ao princípio de simplicidade. Entretanto, a falta de compreensão do sistema e das leis de funcionamento que regem as relações funcionais entre as tarefas coloca em dúvida a capacidade de previsibilidade desse método, mostrando que ele não atende ao pressuposto de estabilidade.

Figura 6 – Formulário de análise de segurança das atividades proposto por Swartz (2001).

ANÁLISE DE SEGURANÇA DAS ATIVIDADES – CÓPIA APROVADA FORMULÁRIO 3		
Número: ___ Título da Atividade: _____ Data de Conclusão da Análise: ___/___/___		
Responsável pela Análise: _____ Suporte Operacional: _____		
Local da Atividade: _____ Data de Revisão: ___/___/___		
EPIs Recomendados: _____		
Etapas da Atividade	Perigos presentes em cada etapa	Recomendações de segurança para a realização da etapa

Fonte: Adaptado de Swartz (2001).

Florczak (2001), outro autor que contribuiu para a literatura da ferramenta, afirma que as vulnerabilidades do sistema, sejam elas oriundas do fator humano ou dos processos e equipamentos, devem ser identificadas através da ferramenta de Análise de Segurança das Atividades.

Para os perigos identificados, a solução é a criação de procedimentos, que revisem e registrem cada etapa da atividade, identificando os perigos e determinando o método mais seguro para realiza-la. (FLORCZAK, 2001) As etapas da abordagem proposta por Florczak (2001) estão resumidas na figura 7.

A primeira etapa na proposta de Florczak (2001) é selecionar as atividades, e a recomendação é de que todas, sem exceção, sejam analisadas. A prioridade de seleção das atividades deve ser feita de acordo com a probabilidade de acidentes e a severidade das lesões que podem ser causadas, determinadas a partir do histórico existente.

A lógica de priorização de Florczak (2001) é muito similar à proposta por Swartz (2001), cujas limitações já foram discutidas, e conseqüentemente este autor também não satisfaz o princípio da objetividade.

Para conduzir a análise, o autor aponta duas possíveis abordagens: discussão e observação. O método de discussão é o mais simples e menos oneroso, consistindo apenas na entrevista dos operadores que realizam a atividade e na avaliação dos perigos através dos relatos. O método de observação requer que o analista vá até o local onde a tarefa é executada e observe enquanto ela acontece, confiando em seu próprio nível de percepção para a identificação dos perigos inerentes a atividade.

Independente da abordagem escolhida, cada etapa é listada na ordem cronológica dos acontecimentos. Os perigos são identificados com base nessas etapas, sempre observando os já existentes e conjecturando acerca dos que podem existir. Para cada perigo identificado, uma recomendação de segurança ou proposta de contramedida é elaborada. Ao final da análise, há a criação do procedimento operacional de execução da atividade. O autor satisfaz, através dessa estrutura, o pressuposto da simplicidade, pois estabelece as relações causais lineares de forma clara em sua abordagem.

Figura 7 – Fluxograma de implementação da análise de segurança, proposto por Florczak (2001).

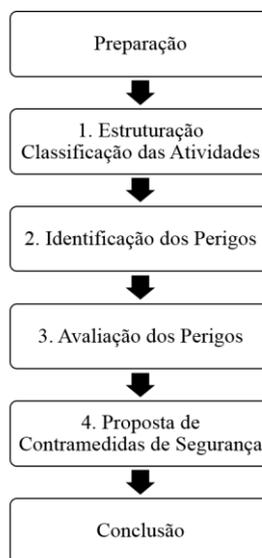


Fonte: A autora (2019).

Em sua proposta, Florczak reforça a relevância do fator humano para a segurança da atividade, porém não descreve como isso deve ser ponderado na análise. Isso é uma falha na sua estabilidade, pois ao não estabelecer a relação funcional entre essa variável e as outras, o autor mostra sua vulnerabilidade ao prever os fenômenos associados, que nesse caso são os acidentes devido a atos inseguros. Quanto a elaboração dos procedimentos, o autor não deixa claro o formato a ser seguido, nem como as recomendações de segurança devem ser incluídas no passo a passo, falhando mais uma vez em sua objetividade.

Ringdahl (2001), outro autor que escreveu sobre a Análise de Segurança das Atividades, sugere que a ferramenta seja implementada em quatro passos principais, uma etapa de preparação e outra de conclusão, como ilustra a figura 8.

Figura 8 – Fluxograma de implementação da ferramenta, proposto por Ringdahl (2001).



Fonte: A autora (2019).

Na fase de preparação, é definido o escopo da análise e o time que será responsável pelas avaliações, que deve ser composto por alguém que esteja familiarizado com a ferramenta, um operador que realize as atividades e alguém da liderança.

Para a estruturação da análise, deve ser feita uma lista com as atividades e recolhido todo o material relevante, desde procedimentos operacionais até inventário das ações corretivas realizadas nos equipamentos. Nessa etapa, o autor não define o que é relevante, deixando que o analista interprete de acordo com a sua própria experiência.

Com o material consolidado e as atividades detalhadas em tarefas, as seguintes perguntas devem direcionar a identificação dos perigos: “quais os tipos de lesões que essa tarefa pode causar?”, “a tarefa é difícil ou desconfortável?”, “os executantes da tarefa conseguem seguir o procedimento sem se desviar do que está descrito?”, entre outras.

Para a etapa de avaliação, cada perigo encontrado na etapa anterior deve ser discutido e analisado. O próprio autor revela que o método não prescreve qual ferramenta deve ser utilizada para realizar essa avaliação, nem tampouco recomenda qual orientação deve ser seguida.

A próxima etapa pede que medidas de segurança sejam propostas para os perigos encontrados, priorizando os de maior probabilidade ou severidade. Essa etapa da análise diz respeito principalmente a criação de ideias, sendo de grande benefício se várias ideias são geradas para soluções alternativas. (RINGDAHL, 2001)

A conclusão deve ser feita com o consolidado de tudo que foi construído na análise, podendo até mesmo ser apresentada com o próprio formulário utilizado. A figura 10 ilustra um exemplo, fornecido pelo autor, de análise de segurança realizada em uma fábrica de bobinas de papel.

Quadro 2 – Exemplo de análise de segurança da atividade realizada na indústria têxtil.

ANÁLISE DE SEGURANÇA DA ATIVIDADE			
2. PREPARAÇÃO DA MÁQUINA PARA UM NOVO CICLO DE PRODUÇÃO			
Etapa da Atividade	Perigo	Comentário	Recomendações
2.1 Remover a bobina antiga	Queda da bobina	Peso médio de 40kg. A bobina pode ficar presa ou o operador pode perder o contato com o material	Equipamento de elevação e instalações de fixação ajustável
2.2 Retirar a embalagem da nova bobina	Lesão de corte	Superfícies cortantes na embalagem, ferramenta inadequada	Uso de ferramenta adequada, incluir essa etapa no procedimento
2.3 Instalar a nova bobina	Queda da bobina	Peso médio de 2 toneladas, o perigo é proveniente de um possível erro na operação do equipamento de elevação.	Melhorar as instruções do equipamento de elevação
2.4 Alimentar a máquina com o papel da nova bobina	Esmagamento	Presença de elementos rotativos no equipamento que estão em operação durante atividade	Desenvolver um sistema de alimentação automática
Correção de desvios	Esmagamento Cortes	Desvios ocorrem frequentemente.	Melhorar o sistema automático, desenvolver métodos mais seguros de correção, incluir no procedimento e treinamentos.

Fonte: Adaptado de Ringdahl (2001).

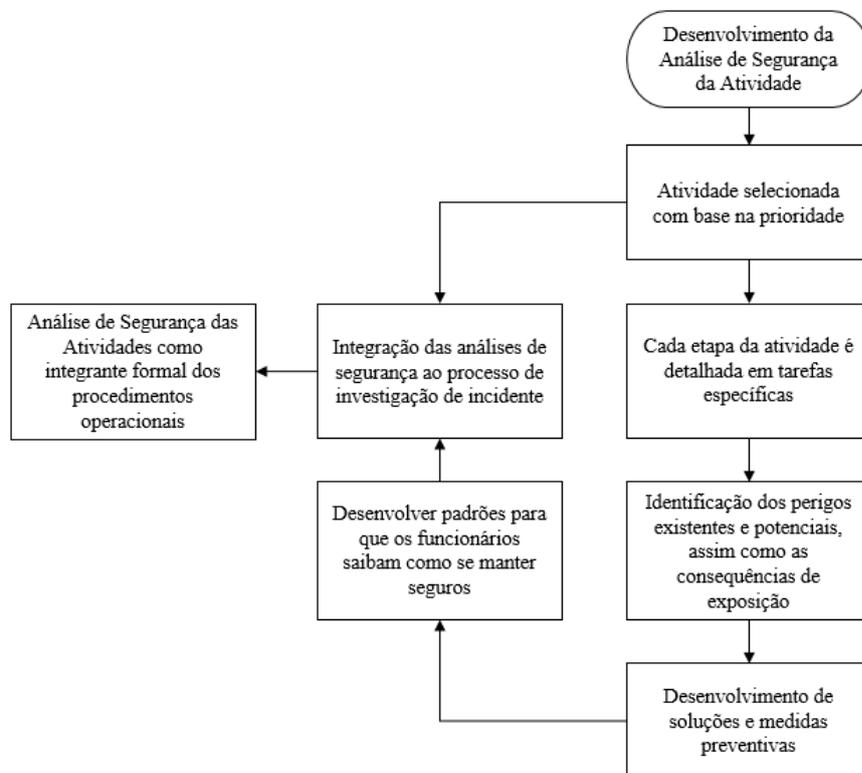
A proposta de Ringdahl não atende ao pressuposto de estabilidade, pois não há uma etapa dedicada ao estudo dos princípios de funcionamento do sistema, gerando uma análise desprovida de conhecimento técnico e incapaz de estabelecer as relações funcionais entre as variáveis associadas à atividade. As recomendações genéricas do exemplo mostrado, que utiliza termos como “melhorar” e “desenvolver” para as contramedidas de segurança, evidencia a sua falta de objetividade. O princípio de simplicidade é atendido com o detalhamento da atividade em tarefas e com a relação linear estabelecida entre elas, os perigos e as recomendações.

Roughton e Crutchfield (2008) propõem a realização da Análise de Segurança das Atividades através do diagrama ilustrado na figura 9. Para eles, a ferramenta “é uma técnica

que ajuda a organização a focar em atividades específicas como uma forma de identificar os potenciais perigos antes que eles ocorram. Ela foca na relação entre o operador, as tarefas, os perigos, os eventos arriscados, as ferramentas, o material, os equipamentos específicos e o ambiente de trabalho.” (ROUGHTON, CRUTCHFIELD, 2008)

No que diz respeito a seleção das tarefas no início da análise, a abordagem é similar à de outros autores (Swartz, 2001; Florczak, 2001), sempre favorecendo atividades com histórico de incidentes ou acidentes, atividades não-rotineiras e atividades inteira ou parcialmente novas. Entretanto, mais uma vez, não há determinação clara a respeito das condições desses critérios, ficando essa decisão sujeita a interpretação do analista.

Figura 9 – Fluxograma proposto por Roughton e Crutchfield (2008) para a implementação da ferramenta.



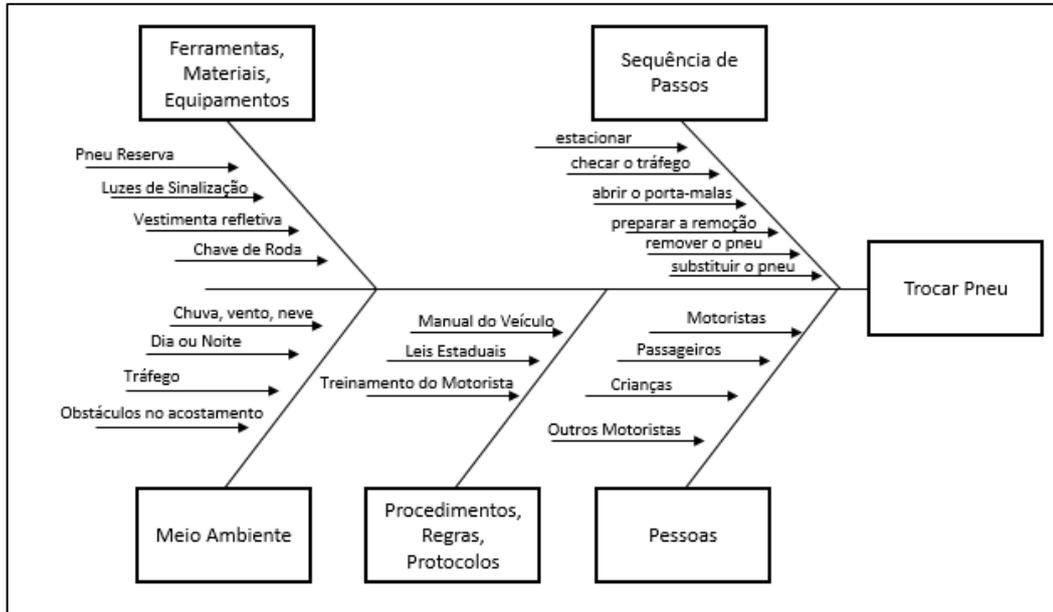
Fonte: Adaptado de Roughton e Crutchfield (2008).

O detalhamento das atividades é feito através do Diagrama de Ishikawa, conhecido por “espinha de peixe”, possibilitando visões macro e micro da atividade que está sendo analisada. (ROUGHTON, CRUTCHFIELD, 2008) Um exemplo deste detalhamento é fornecido para a atividade de troca de pneu, exibido nas figuras 10 e 11.

O formulário de análise deverá ser preenchido, de acordo com o exemplo fornecido no quadro 3. O cabeçalho deverá conter as informações gerais, e o restante deverá ser preenchido

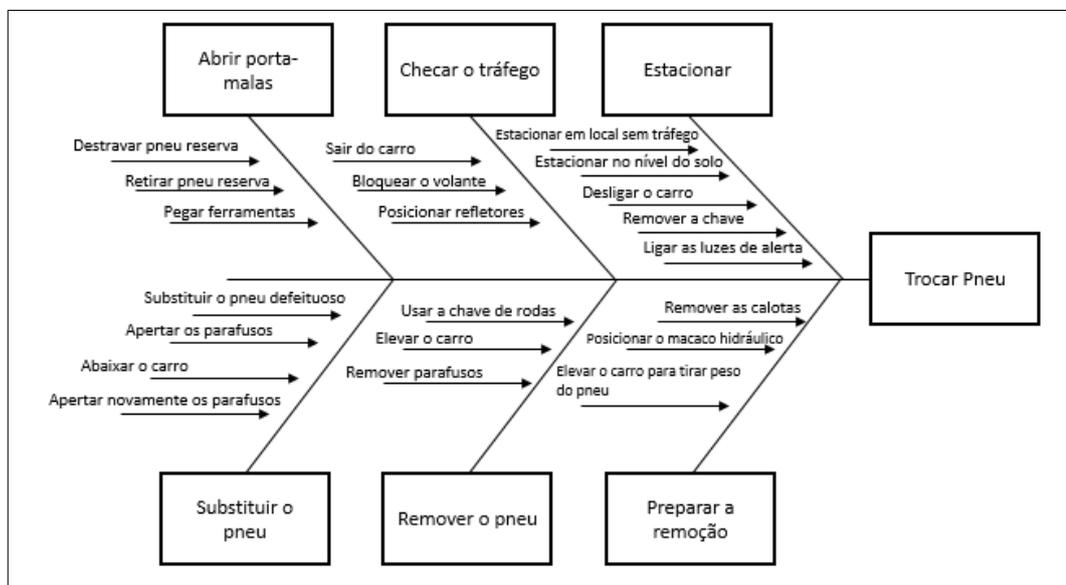
com as informações obtidas através do diagrama de Ishikawa e das discussões a respeito das medidas de segurança que devem ser tomadas.

Figura 10 – Diagrama de Ishikawa no nível macro, construído para a atividade de troca de pneu.



Fonte: Adaptado de Roughton e Crutchfield (2008)

Figura 11 – Diagrama de Ishikawa no nível micro, construído para a atividade de troca de pneu.



Fonte: Adaptado de Roughton e Crutchfield (2008)

Os autores falham em conectar o detalhamento da atividade e o princípio de funcionamento do sistema, fornecendo recomendações genéricas (“manter-se atento”, por exemplo) assim como feito por Ringdahl (2001), não satisfazendo ao critério de objetividade.

O pressuposto da simplicidade é atendido através do detalhamento da atividade com o diagrama de Ishikawa, que além de diferenciar os níveis macro e micro, classifica as tarefas em grupos funcionais. Através do formulário do quadro 3, observa-se que a análise é estável, pois estabelece as relações funcionais entre as variáveis encontradas e assim atende ao critério de previsibilidade.

Quadro 3 – Análise de segurança da atividade de troca de pneu, realizada por Roughton e Crutchfield (2008).

ANÁLISE DE SEGURANÇA DA ATIVIDADE – TROCA DE PNEU			
Descrição: Troca de Pneu	Departamento: Rodovias	Data: Abril de 2008	Última revisão:
Realizada por: Roughton e Crutchfield	Funcionário: Jonas Pneu	Supervisor: João Produção	
EPI: nenhuma recomendação.			
Etapas da atividade	Perigos existentes e potenciais e/ou consequências de exposição	Recomendações de segurança e proposta de contramedidas	
<u>Estacionar</u> <ul style="list-style-type: none"> • Estacionar em local sem tráfego • Estacionar no nível do solo • Desligar o carro • Remover a chave • Ligar as luzes de alerta 	Tráfego – velocidade e condições Ser atingido por um carro na rodovia Ambiente – clima, condições do solo, condições do veículo	<u>Operação segura do veículo</u> <ul style="list-style-type: none"> • Assegure-se de que o freio de mão está acionado, evitando que o veículo se movimente. • Estacione o veículo em um local sem tráfego, no acostamento. • Certifique-se de que o solo onde o veículo está estacionado não tem desníveis para evitar tombamentos na troca do pneu. 	
<u>Checar o tráfego</u> <ul style="list-style-type: none"> • Sair do carro • Bloquear o volante • Posicionar refletores 	Velocidade do tráfego Ser atingido por um carro na rodovia	<u>Entrar e sair do carro</u> <ul style="list-style-type: none"> • Prestar atenção ao tráfego 	
<u>Abrir porta-malas</u> <ul style="list-style-type: none"> • Destruar pneu reserva • Retirar pneu reserva • Pegar ferramentas 	Esforço ergonômico	<u>Olhos na tarefa</u> <ul style="list-style-type: none"> • Manter-se atento na remoção do pneu. <u>Equipamentos e ferramentas</u> <ul style="list-style-type: none"> • Manter postura na retirada dos equipamentos e pneu do porta-malas. <u>Levantando e abaixando</u> <ul style="list-style-type: none"> • Use a postura adequada ao remover o pneu do porta-molas. 	
<u>Preparar a remoção</u> <ul style="list-style-type: none"> • Remover as calotas • Posicionar o macaco hidráulico • Elevar o carro para retirar o peso dos pneus 	Esforço ergonômico Bater contra o veículo ao posicionar o macaco hidráulico	<u>Equipamentos e ferramentas</u> <ul style="list-style-type: none"> • Selecionar a ferramenta correta <u>Olhos na tarefa</u> <ul style="list-style-type: none"> • Manter-se atento na remoção das calotas. • Manter-se atento ao colocar o macaco hidráulico. • Manter-se atento também na rodovia durante a atividade. 	

Fonte: Adaptado de Roughton e Crutchfield (2008).

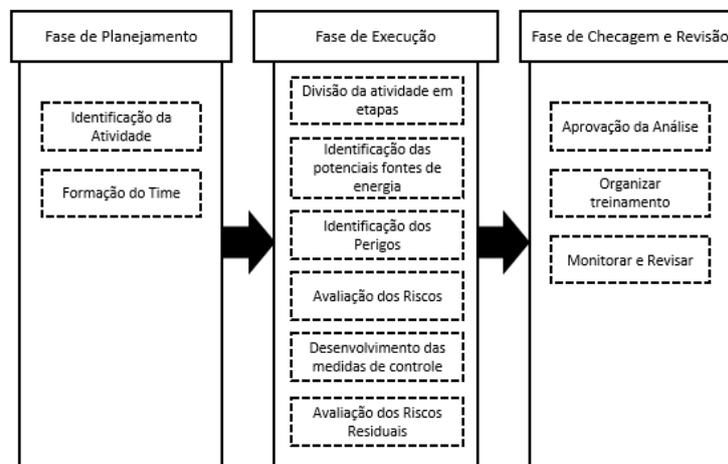
Em 2016, Zheng, Shuai e Shan desenvolveram um método de aplicação para a Análise de Segurança das Atividades, atrelando-o as fontes de energias mais comuns de serem causa de acidentes no ambiente de trabalho. Em seu artigo, eles descrevem a metodologia em onze passos, divididos em três seções macro, que estão estruturadas como um PDCA. A figura 12 ilustra a divisão das etapas entre as fases.

Na etapa de definição da atividade, os autores propõem que as escolhidas sejam as que possuem perigos mapeados, sejam não-rotineiras ou que não possuam procedimento escrito,

com histórico de incidentes ou quase acidentes. Essa recomendação é a mesma de Swartz (2001), Florczak (2001), e outros autores.

Após o detalhamento da atividade, é feita a identificação das potenciais fontes de energia e perigo em cada etapa descrita. Os perigos são pontuados utilizando a escala da OHSAS 18000, padrão institucional britânico, que possui uma escala de 1 a 5 tanto para a severidade quanto para a probabilidade, onde a pontuação do risco é a multiplicação entre essas duas variáveis. Após ter identificado os perigos e classificado cada um de acordo com essa escala, são elaboradas as medidas preventivas para todos os perigos com pontuação acima de 10.

Figura 12 – Estrutura sugerida por Zheng, Shuai e Shan (2016) para a implementação da ferramenta.



Fonte: Adaptado de Zheng, Shuai e Shan (2016).

A etapa de avaliação dos riscos residuais é executada para garantir que o time utilize sua experiência e conhecimento acerca das boas práticas já desenvolvidas para tentar minimizar os custos dos investimentos e potencializar a efetividade das ações implementadas. Como fechamento do ciclo PDCA, as ações de contramedida implementadas são monitoradas e revisadas.

A abordagem de Zheng, Shuai e Shan segue a tendência de multidisciplinaridade mostrada por Roughton e Crutchfield ao incorporar outros conceitos à execução da Análise de Segurança das Atividades, e como eles, consegue satisfazer os critérios de estabilidade e simplicidade da análise ao estabelecer uma correlação entre os perigos, as fontes de energia e as recomendações de segurança, sendo capaz de reduzir os fenômenos complexos a fenômenos mais simples dentro das categorias que eles definem e assim prevê-los e controla-los. Entretanto, a falta de modelos a serem seguidos ou ferramentas a serem usadas em cada etapa não proporcionam que os resultados sejam reproduzíveis, falhando em atender ao critério de objetividade.

Em suma, a literatura está desprovida de procedimentos que satisfaçam aos pressupostos do pensamento sistemático para implementação da ferramenta de Análise de Segurança das Atividades. Não há uma abordagem científica, dificultando a reprodutibilidade dos resultados. A discussão a respeito do que foi evidenciado será feita em mais detalhes no capítulo de metodologia.

2.2 Fundamentação Metodológica

De acordo com a revisão de literatura realizada, observou-se ao longo dos anos o estabelecimento de uma metodologia para a implementação da ferramenta de Análise de Segurança das Atividades, variando em algumas particularidades de autor para autor. As figuras 13 e 14 mostram um resumo da evolução das metodologias elaboradas, desde Heinrich em 1931 até Zheng, Shuai e Shan em 2016.

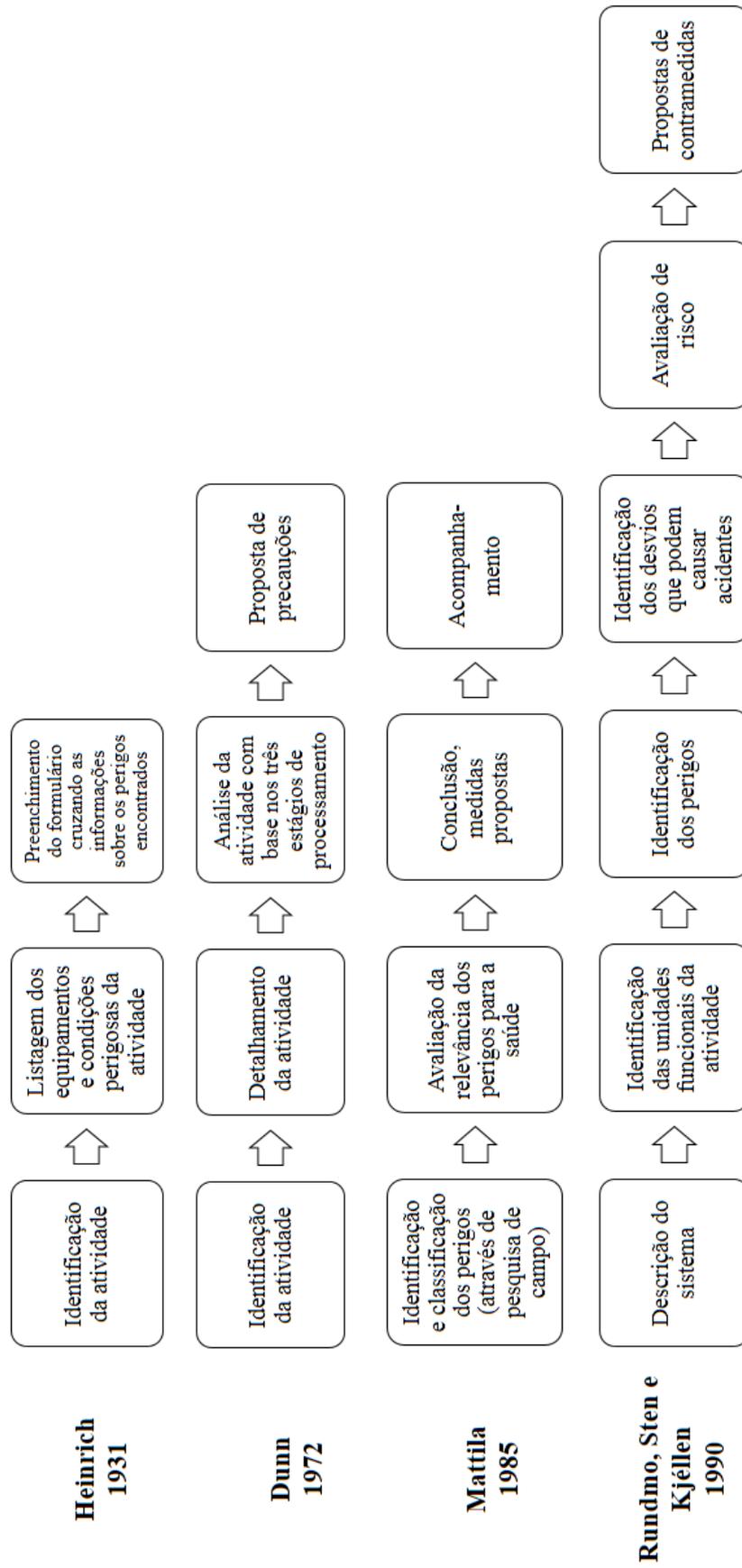
É possível organizar o que foi encontrado na revisão bibliográfica em uma única metodologia, que será vista em detalhes no capítulo de metodologia, onde descreve-se um procedimento de implementação dessas diretrizes de forma a atender aos pressupostos do pensamento sistemático.

A fim de enriquecer o procedimento de aplicação da metodologia e facilitar o atendimento aos pressupostos do método científico, foram utilizadas algumas ferramentas auxiliares. Essa iniciativa é similar ao que fizeram Roughton e Crutchfield (2008), como visto na revisão de literatura, ao introduzir o diagrama de Ishikawa para o detalhamento da atividade, obtendo visões macro e micro da atividade analisada.

Para a descrição do sistema, utilizou-se o Diagrama de Blocos Funcionais, ferramenta desenvolvida na década de 70 pela Força Aérea Americana (NARAYAN, 2012). Para o processo de priorização para identificação do equipamento crítico, utilizou-se um método de decisão multicritério, a fim de conectar a segurança a outros fatores relevantes dentro da empresa. Para este trabalho, escolheu-se o Processo de Hierarquia Analítico desenvolvido por Saaty na década de 70.

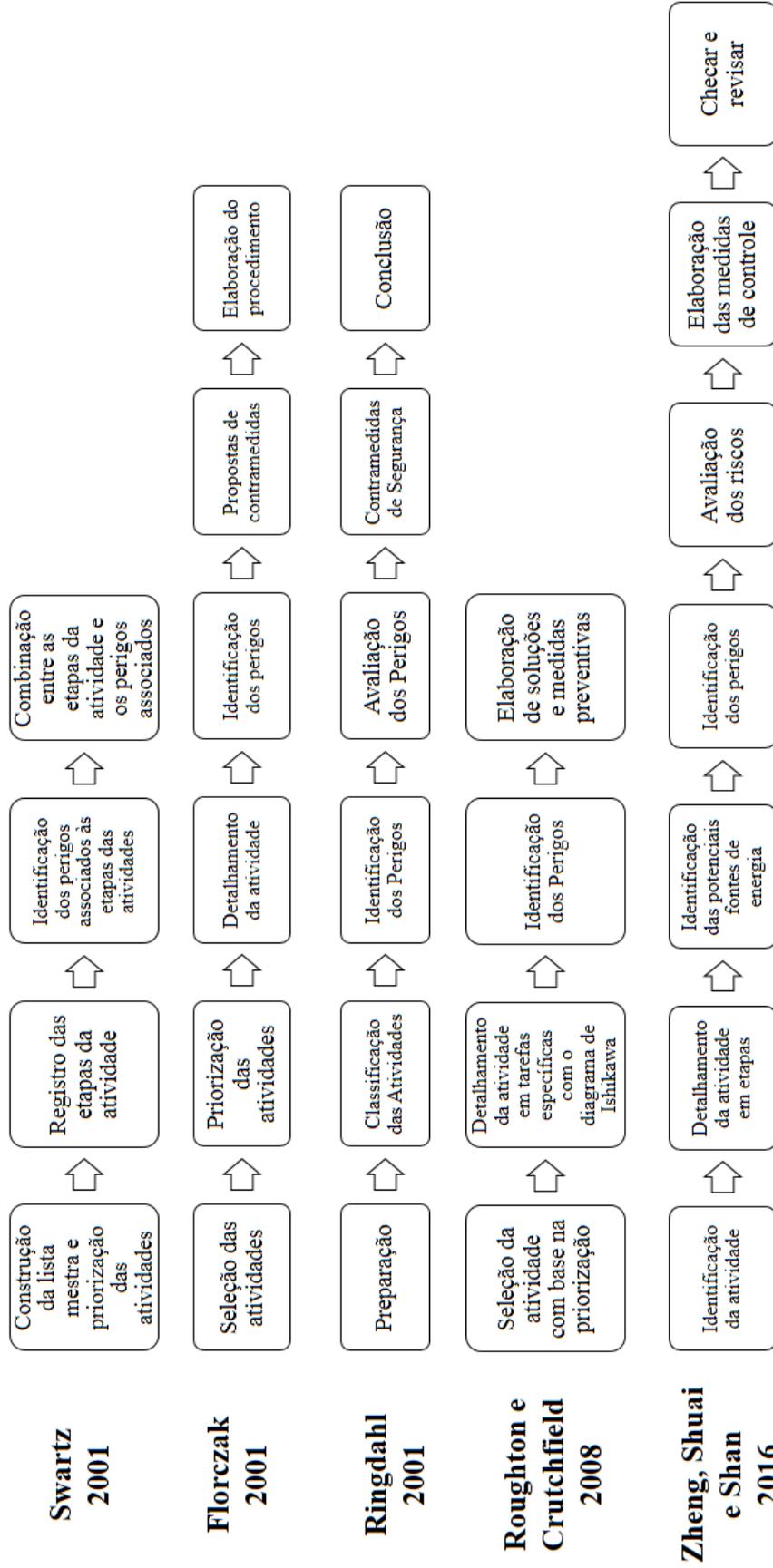
Quanto ao modelo utilizado para o detalhamento da atividade, algo que não foi possível evidenciar durante a revisão de literatura, utilizou-se a ferramenta de Análise Hierárquica da Tarefa, devido a sua estrutura fornecer em detalhes, através dos planos de execução, quais as conexões existentes entre as diferentes etapas da atividade. A seguir essas ferramentas serão descritas em mais detalhes.

Figura 13 – Resumo das metodologias de implementação da Análise de Segurança das Atividades elaboradas ao longo dos anos (1931-1990)



Fonte: Elaborado a partir de Heinrich (1931), Dunn (1972), Mattila (1985) e Rundmo, Sten e Kjellen (1990).

Figura 14 – Resumo das metodologias de implementação da Análise de Segurança das Atividades elaboradas ao longo dos anos (2001 - 2016)



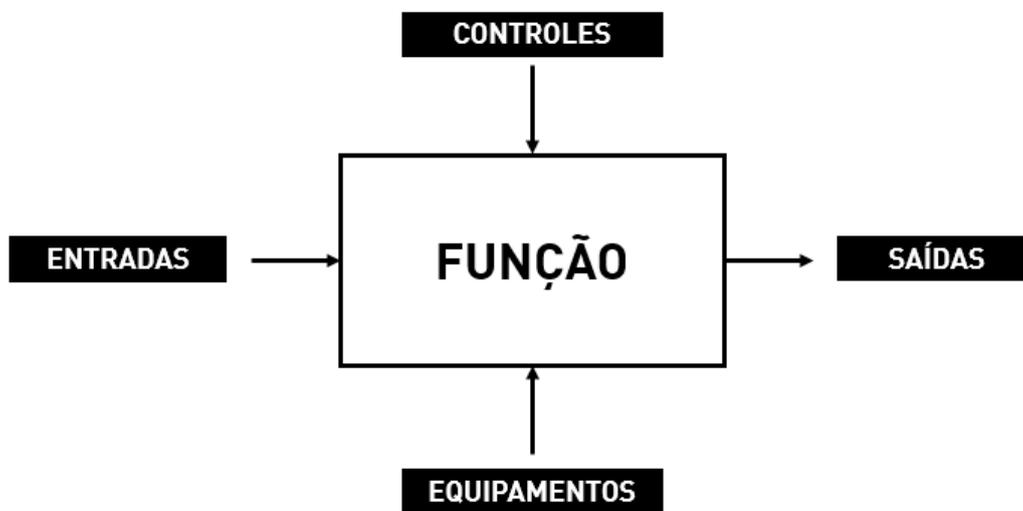
Fonte: Elaborado a partir de Swartz (2001), Florczak (2001), Ringdahl (2001), Roughton e Crutchfield (2008) e Zheng, Shuai e Shan (2016).

2.2.1 Diagrama de blocos funcionais

Na década de 70, a Força Aérea Americana iniciou um programa de tecnologia chamado ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing – em tradução literal: Integração da Fabricação Assistida por Computador). Com o intuito de descrever visual e didaticamente esse sistema complexo para que ele fosse compreendido tanto pelo time de técnicos quanto pelos outros funcionários, desenvolveu-se uma ferramenta de representação gráfica, onde são utilizados blocos funcionais ou “activity boxes” que mostram o que é esperado do sistema.

Linhas que entram e saem desses blocos exibem as entradas, saídas, controles e equipamentos associados a função descrita. (NARAYAN, 2012) A figura 15 ilustra o modelo de um bloco funcional, indicando a correta localização de cada um de seus elementos. É importante ressaltar que a padronização do método é o que permite a sua leitura por qualquer indivíduo que esteja familiarizado com essa abordagem, sendo imprescindível seguir exatamente o modelo proposto pelos autores da metodologia.

Figura 15 – Estrutura de um diagrama de blocos funcionais.



Fonte: Adaptado de Narayan (2012).

Essa estrutura é muito útil para definir o “sucesso” ou “fracasso” de um sistema. A partir do momento no qual a função não é cumprida, o sistema não atendeu a expectativa do usuário e falhou; caso contrário, obteve sucesso. Um diagrama de blocos funcionais ilustra as relações existentes entre as funções principais ou globais do sistema e as sub funções, de forma que é possível entender como o sistema funciona de uma forma rápida e efetiva para realizar análises no seu funcionamento.

2.2.2 Métodos de decisão multicritérios

Diariamente somos expostos a situações em que precisamos tomar uma decisão, mesmo no mais simples dos cenários. As atividades que fazem parte da nossa rotina são resultado de pequenas decisões que fazemos de forma consciente ou inconsciente: qual roupa usar, qual caminho escolher, as amizades que construímos. Em resumo, somos tomadores de decisão: quer saibamos disso ou não.

As decisões costumam ser tomadas com base em conhecimentos previamente adquiridos, que formam um modelo mental de decisão direcionando o indivíduo para uma determinada solução do problema. A dificuldade desse processo reside no fato de que mesmo com um elevado conhecimento ou experiência, é extremamente complicado considerar todos os fatores relevantes para o problema e suas particularidades sem uma metodologia adequada, que pondere cada fator de acordo com seu nível de importância.

Saaty (2008, p. 84) reforça que “para tomar uma decisão nós precisamos conhecer o problema, a necessidade e o propósito da decisão, o critério para a decisão, os sub critérios, stakeholders, grupos afetados e as ações alternativas a serem tomadas. Ao tentar determinar a melhor alternativa, ou no caso da alocação de recursos, precisamos de prioridades para as alternativas para assim alocar a parcela apropriada dos recursos”.

A literatura indica diversos métodos de decisão multicritério que podem ser utilizados, dentre eles: tabulação cruzada, critério ponderado, avaliação baseada em ranking, dentre outros. A seguir será abordado em detalhes o método utilizado na elaboração deste trabalho, conhecido como Processo de Hierarquia Analítica.

2.2.2.1 Processo de hierarquia analítica

O processo de hierarquia analítica foi um método de decisão multicritérios desenvolvido por Thomas Saaty na década de 70, tendo posteriormente recebido contribuições matemáticas de Zahedi na década de 80 e de Vargas nos anos 90, que encontrou diversas aplicações em resolução de conflitos, modelos mentais e teoria das decisões. Vargas (1990, p. 1) destaca que o método “é baseado no princípio de que, para tomar decisões, a experiência e o conhecimento das pessoas são pelo menos tão valiosos quanto os dados que elas utilizam”.

Estruturar hierarquicamente uma decisão é uma forma eficiente de identificar e de lidar com os componentes mais relevantes de um problema, não existindo uma estrutura única para ser usada em qualquer situação. Quando as hierarquias são desenhadas para refletir os possíveis

cenários de acordo com as alternativas disponíveis, a metodologia de AHP fornece meios para determinar o caminho para as decisões estratégicas. (SAATY, 2005)

No processo de hierarquia analítica, os fatores relevantes para a tomada de decisão são organizados em uma estrutura que deriva de um objetivo geral para critérios, subcritérios e alternativas em níveis sucessivos. A prioridade entre os elementos é definida através de comparações em pares, que são regidas por uma escala numérica que indica quantas vezes um elemento é mais importante que o outro em relação a um critério ou propriedade que está servindo de base para a comparação. A seguir está uma tabela que exhibe a escala numérica e a definição de cada nível da escala.

Tabela 1 – Escala fundamental de priorização definida por Saaty.

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro.
5	Muito mais importante	A experiência e o julgamento favorecem muito um critério em relação ao outro.
7	Fortemente mais importante	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro.
9	Extremamente mais importante	A evidência favorece um critério em relação ao outro com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre as escalas acima	Quando não é possível definir entre os critérios acima, usa-se um valor intermediário.

Fonte: Adaptado de Saaty (1990).

Diferentemente das tradicionais formas de mensurar, que começam com uma escala e a aplicam para medir os objetos, o método de hierarquia analítica começa com os objetos da decisão, mensura os pares e deriva dessas medidas uma escala relativa de valores. (SAATY, 2005).

2.2.3 Análise hierárquica da atividade

Originalmente desenvolvida na década de 60, a análise hierárquica de atividades (HTA) foi criada com o objetivo de superar as limitações dos métodos clássicos de análise de tempos e movimentos ao analisar tarefas complexas não-repetitivas e com alta carga cognitiva atrelada. (ANNETT, 2003) O sucesso e posterior propagação da técnica deram-se principalmente devido as mudanças que estavam acontecendo nas atividades industriais em meados do século XX,

quando as atividades industriais começaram a exigir cada vez mais do cognitivo dos trabalhadores.

A aplicação da técnica consiste em decompor o sistema em uma hierarquia composta de objetivos, que são detalhados em sub-objetivos mais específicos, que são novamente destrinchados em outros sub-objetivos até que seja atingido o nível de detalhe desejado para a análise da atividade. Os resultados de uma análise com HTA, como cita Salmon et al. são:

- a) especificação de um objetivo para o sistema em estudo;
- b) os sub-objetivos necessários para que o objetivo central seja atingido;
- c) as operações necessárias para atingir cada um dos sub-objetivos;
- d) os planos que são usados para garantir que foi atingido o sucesso em cada um dos sub-objetivos.

Annet (2005) sugere uma estrutura de sete passos para realizar a análise hierárquica de uma atividade. As etapas vão desde a definição do propósito da análise até a sua revisão quando finalizada. Annet deixa claro que esses passos são uma sugestão para guiar o desenvolvimento da análise, longe de ser uma estrutura rígida para aplicação da técnica, visto que seu sucesso se deu especialmente devido a sua flexibilidade. Os passos estão resumidos na tabela abaixo.

Como primeiro passo é necessário definir o propósito da análise, já que a HTA pode ser utilizada para infinitas aplicações e finalidades. Pode ser utilizada para descrever procedimentos operacionais simples, como trocar o cartucho de uma impressora ou finalizar uma compra no supermercado, até habilidades motoras refinadas para cirurgias de acesso mínimo e controle do tráfego aéreo ou atividades de gerenciamento. (ANNETT, 2003)

Tabela 2 Estrutura para desenvolvimento de uma análise com HTA.

Etapas necessárias para a realização de uma HTA	
Etapa 1	Decida qual o propósito da análise.
Etapa 2	Defina os objetivos das tarefas e o critério de performance da análise.
Etapa 3	Identifique as fontes de informação sobre a atividade.
Etapa 4	Consolide as informações e faça o rascunho da decomposição das sub tarefas.
Etapa 5	Valide o primeiro rascunho com os stakeholders.
Etapa 6	Identifique as operações relevantes levando em conta o propósito da análise.
Etapa 7	Teste as soluções hipotéticas para os problemas de performance identificados.

Fonte: Adaptado de Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods (2005).

As barreiras, ou limites, do sistema dependerão do propósito da análise para que possam ser definidas. Se o objetivo da análise for desenvolver uma especificação pessoal, então os limites serão colocados em torno das atividades realizadas por um indivíduo. Caso o propósito

seja analisar a coordenação e comunicação no trabalho de um time, então todas as atividades do grupo de pessoas envolvidas deve ser analisado. (STANTON, 2006) É de extrema importância que os limites sejam definidos em coerência com o propósito da análise para evitar retrabalhos, assim como quais os critérios que irão definir se a análise foi bem sucedida. Tendo isso acordado de antemão com todos os stakeholders da atividade (pessoas responsáveis ou diretamente afetadas, como supervisores, projetistas, operadores), a análise irá ser bem direcionada garantindo que todos tem visibilidade do processo.

As informações que irão alimentar a análise e permitir a construção da árvore podem vir de diferentes fontes relacionadas a atividade que será descrita. A obtenção de diferentes fontes para a mesma informação deixará a análise mais rica e irá garantir a acurácia na aplicação da metodologia. As possibilidades são muitas, dentre elas: observação, simulações da atividade, entrevistas, manuais de operação.

Como proposto nos princípios originais da HTA, o objetivo da análise é construir uma cadeia de sub objetivos a partir das operações que estão sendo detalhadas no estudo. A técnica funciona decompondo sistemas em hierarquias de objetivos, sub objetivos, operações e planos; ela foca em: “o que um operador... deve fazer, seja com ações ou processos cognitivos, para atingir o objetivo do sistema.” (SALMON et al., 2010)

Com os objetivos e sub objetivos definidos, é necessário também traçar o plano que definirá as condições de ativação de cada uma das operações. Annet (2005) define quatro possíveis tipos de planos: uma sequência simples de operações ou procedimentos de rotina, sequência condicional que envolve um processo decisório relacionado a um padrão específico de entradas no sistema, um procedimento com atividades que ocorrem simultaneamente e um procedimento em que a ordem de execução das sub tarefas não tem nenhum impacto no objetivo da tarefa que está sendo analisada.

Durante essa construção é importante levantar questionamentos não somente acerca do que deve acontecer, mas também do que poderia acontecer e especialmente do que pode dar errado e quais seriam as consequências da falha para fazer a ligação entre cada objetivo e sub objetivo. (ANNET, 2005)

Annet (2005) destaca que é de extrema importância validar a decomposição das tarefas com todas as áreas interessadas na análise, a fim de evitar ambiguidades e garantir que o trabalho está de acordo com as restrições e com os valores associados ao contexto no qual a tarefa está inserida.

Para identificar as tarefas relevantes, é necessário entender como elas se comportam de acordo com o critério “p x c”, que pode ser traduzido literalmente como critério de

probabilidade versus custos. Caso o fator “p x c” da atividade seja aceitável de acordo com os valores da empresa acertados previamente com os stakeholders, a decomposição da atividade em sub objetivos pode ser finalizada, obviamente garantindo que uma medida mitigatória pode ser fornecida para os riscos identificados. Caso o fator encontrado para a atividade seja inaceitável dentro do padrão estabelecido, então ela se torna uma atividade crítica e deverá ter lugar de destaque na análise.

Tendo identificado as fontes mais prováveis de performance insatisfatória, soluções plausíveis baseadas na literatura e boas práticas deverão ser apresentadas. Podem ser relacionadas ao design da tarefa ou do equipamento, alocação de pessoas, procedimentos ou treinamentos, e outras formas de suporte, dependendo do propósito da análise estabelecido inicialmente na primeira etapa. (ANNET, 2005)

Entre as grandes vantagens do método de análise hierárquica das atividades (HTA) estão a sua flexibilidade, que permite um amplo leque de possíveis aplicações, e a profundidade da análise resultante, que pode destrinchar até mesmo uma atividade simples como lavar roupas. Como desafio, é importante ressaltar que para a aplicação da técnica é necessário o total comprometimento da equipe envolvida na atividade para que os dados coletados sejam verídicos, e para que todos os fatores humanos sejam avaliados pelo analista no período de tempo que for designado para este trabalho.

3 METODOLOGIA

A revisão de literatura evidencia várias limitações quanto ao uso do método científico na implementação da ferramenta ao longo dos anos. Nenhum autor atende por completo aos três pressupostos definidos no pensamento sistemático: simplicidade, estabilidade e objetividade. A tabela 1 exibe um resumo das afirmações feitas durante a revisão de literatura, com um X marcando o pressuposto atendido por cada um dos autores.

Todos os autores citados, exceto Heinrich, Dunn e Mattila, satisfazem ao princípio da simplicidade. A divisão do sistema ou atividade em partes menores mostra-se como uma prática já estabelecida na implementação da ferramenta, apesar de haver uma vulnerabilidade na falta de um modelo que deve ser seguido para a realização do detalhamento.

A falta de compreensão das leis que regem o funcionamento do sistema e das atividades resulta em uma falha na estabilidade da análise de muitos autores. Sem estabelecer essa conexão, as análises não são capazes de prever ou controlar os fenômenos. É possível observar também, nos exemplos fornecidos pelos autores ao longo dos anos, recomendações de segurança genéricas associadas aos perigos identificados, mostrando uma grave falha no atendimento ao pressuposto de objetividade.

Tabela 3 Estrutura para desenvolvimento de uma análise com HTA.

Autores	Ano de Publicação	Simplicidade	Estabilidade	Objetividade
Heinrich	1931			
Dunn	1972		X	
Mattila	1985			
Rundmo, Sten e Kjéllen	1990	X		
Swartz	2001	X		
Florczak	2001	X		
Ringdahl	2001	X		
Roughton e Crutchfield	2008	X	X	
Zheng, Shuai e Shan	2016	X	X	

Fonte: A autora (2019).

A metodologia usada neste presente trabalho baseia-se na aplicação da ferramenta satisfazendo os três pressupostos do método científico, e as etapas que a constituíram estão descritas a seguir.

3.1 Objeto de Estudo

A indústria química que serviu de base para a realização deste estudo fica localizada na região metropolitana de Recife, no estado de Pernambuco. A fábrica foi construída na década de 90 com o intuito de atender à demanda de detergente em pó do estado, e hoje já atende a essa demanda nas regiões norte e nordeste do país.

Atualmente conta com mais de 300 funcionários trabalhando nos três turnos, distribuídos nas áreas de logística, produção e utilidades. A fábrica produz mais de vinte produtos diferentes com as duas tecnologias de produção de detergente em pó que possui: por torre de sopragem e por leito fluidizado.

Na tecnologia por torre de sopragem, as matérias primas são misturadas até que seja formada uma pasta que é injetada no topo da torre. Ao longo da torre existem bicos de ar quente, que secam essa mistura durante sua queda livre, atingindo a granulação completa ao fim da trajetória vertical. No processo por leito fluidizado apenas parte das matérias primas são misturadas para a formação da pasta inicial, que é levada até o leito fluidizado onde recebe o restante das matérias primas e é granulada em uma trajetória horizontal por uma corrente de ar quente que flui na base do leito.

Cada processo possui suas particularidades relacionadas a nível de automatização, custo, qualidade da granulação e capacidade de produção. Neste trabalho o processo escolhido para aplicação da ferramenta foi o processo fluidizado, pelos motivos que serão explorados no capítulo de resultados. Esse é o processo mais antigo da fábrica, tendo surgido juntamente com sua fundação na década de 90, mantendo ainda hoje um elevado grau de relevância para o negócio.

A fábrica possui um programa de segurança bem estabelecido, com auditorias anuais, internas e externas, que fiscalizam o cumprimento das normas legais e dos padrões globais de segurança da companhia. Todas as iniciativas relacionadas à segurança operacional são fortemente incentivadas, através de programas de sugestão de melhorias e reconhecimento dos funcionários que mais contribuem para tornar o ambiente de trabalho seguro.

A receptividade da equipe de liderança da fábrica à realização deste trabalho foi extremamente positiva, fornecendo acesso às diferentes bases de dados internas e às instalações, com a prerrogativa de sigilo a tudo que pudesse comprometer a competitividade dos produtos no mercado.

3.2 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica baseia-se no material já elaborado e publicado a respeito do assunto a ser estudado, utilizando-se principalmente de livros e artigos científicos. (GIL, 2002) A fim de estruturar a pesquisa realizada neste presente trabalho, como já era esperado que fosse bastante extensa, foi utilizado um passo a passo similar ao proposto por Antônio Carlos Gil em seu livro “*Como elaborar projetos de pesquisa*”.

Primeiramente foi feita a escolha do tema e o levantamento bibliográfico preliminar a respeito da utilização da ferramenta, com o intuito de validar a relevância do trabalho no contexto atual. A pesquisa inicial também compreendeu um estudo sobre as bases do pensamento sistemático, para que fosse possível utilizar os conceitos dos pressupostos do método científico desde o começo do trabalho, inclusive para a análise crítica do que fosse encontrado nos autores que escreveram sobre a ferramenta de Análise de Segurança das Atividades.

O levantamento bibliográfico preliminar contou com um recorte temporal compreendendo os últimos 20 anos, utilizando-se a palavra-chave “*job safety analysis*” e escolhendo os autores de maior relevância na busca da ferramenta de pesquisa *google acadêmico*. A leitura completa dos artigos foi feita de forma arbitrária, a partir da leitura dos resumos para identificar se o trabalho continha as abordagens procuradas para a estruturação deste trabalho.

Com a varredura inicial na literatura, validou-se o problema levantado inicialmente: as diretrizes metodológicas disponíveis não seguiam o modelo do pensamento sistemático. A partir daí pôde ser realizada a pesquisa bibliográfica com mais profundidade, analisando o recorte temporal que se iniciava em 1931 e terminava em 2016.

Como referência clássica utilizou-se Swartz (2001), que foi o primeiro autor a estruturar um livro completo a respeito da ferramenta de Análise de Segurança das Atividades. (GLENN, 2011) Foi a partir dele que outros autores desenvolveram trabalhos com essa ferramenta. Como referência de autor de leitura corrente utilizou-se Roughton e Crutchfield (2008), por trazerem uma abordagem mais robusta e atual do que a apresentada por Swartz em 2001, influenciando grande parte das publicações da última década.

A estratégia para a elaboração da revisão foi escolher pelo menos um autor para cada década do recorte temporal estabelecido, e que utilizasse de forma explícita uma metodologia para a implementação da ferramenta. A preferência foi dada para os autores que forneceram um

exemplo de aplicação, com estudo de caso ou até mesmo exemplos, a fim de fornecer um entendimento mais profundo que estava sendo proposto.

O principal mecanismo de busca foi a *internet*, através do *google acadêmico*, devido a praticidade de encontrar milhares de publicações em apenas alguns segundos, sem necessitar nenhum deslocamento. As palavras-chave utilizadas como base para a pesquisa foram: *job safety analysis*, *indústria* e *metodologia*. A escolha das palavras-chave foi feita após a validação do problema e da definição do que o trabalho iria abordar com mais profundidade na revisão de literatura, para que a base fosse construída e pudesse suportar a obtenção dos resultados.

Entretanto, algumas vezes foi necessário solicitar referências na biblioteca, pois algumas obras não estavam disponíveis no meio digital. Um exemplo foi a obra de Heinrich (1931), que tinha cópia física apenas em algumas bibliotecas do país, mas com o auxílio na biblioteca da Universidade Federal de Pernambuco foi possível solicitar que fossem enviados alguns recortes digitalizados.

Entretanto, observou-se que em alguns períodos as publicações eram mais escassas, como por exemplo na década de 90. Vê-se um salto temporal entre 1990 com Rundmo até 2001 com Florczak, Swartz e Ringdahl, devido a dificuldade de encontrar publicações relevantes no período mencionado. Outra dificuldade encontrada foi a falta de figuras esquemáticas nas publicações, o que muitas vezes dificultou o entendimento da metodologia que estava sendo aplicada. Em alguns casos apenas o resultado era discutido, com pouco aprofundamento no roteiro que levou à obtenção destes.

Ao longo da elaboração da revisão de literatura, percebeu-se a importância de uma estrutura a ser seguida, pois sem isso é possível que o autor possa se perder em meio a tanta informação e tantas vertentes possíveis de serem exploradas. A presença de um orientador experiente foi essencial nessa etapa de desenvolvimento do trabalho, pois além de ser preciso estabelecer uma base de conhecimento teórico a respeito da ferramenta foi também necessário atender aos princípios da pesquisa científica, permitindo que os resultados sejam reproduzíveis por todos que tenham acesso ao conteúdo aqui elaborado.

3.3 Pesquisa de campo

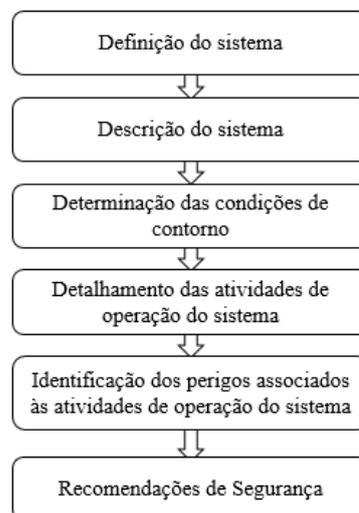
A fim de consolidar um procedimento que permita a aplicação da Análise de Segurança das Atividades atendendo aos pressupostos do pensamento sistemático, resumiu-se em seis passos as metodologias encontradas nos autores, utilizando como apoio as ferramentas descritas

na fundamentação metodológica. O consolidado com as seis etapas é mostrado na figura 16, e a descrição de cada uma delas será feito ao longo deste capítulo.

A sistemática se inicia na definição do sistema e segue com o desenvolvimento da análise através da priorização das áreas. A cada etapa, o sistema é dividido em subsistemas e é dado início a um processo de priorização, até que o subsistema prioritário é escolhido e dividido novamente em sistemas menores, atendendo ao pressuposto de simplicidade. O processo segue dessa forma até que sejam encontrados os subsistemas que servirão como alternativas para a definição do que é crítico, que no caso deste trabalho esses subsistemas são os equipamentos.

As leis de funcionamento do sistema são compreendidas através de uma ferramenta de análise visual e as atividades passam por um detalhamento hierarquizado, que estabelece os planos de execução de cada conjunto de tarefas, especificando todas as variáveis associadas a realização da atividade e a relação existente entre elas, a fim de conseguir prever e controlar os perigos, satisfazendo o pressuposto de estabilidade. Ao final, a análise é colocada em um formulário onde são preenchidas as etapas da atividade de acordo com o plano de execução, os perigos identificados e as recomendações de segurança. As recomendações são diretas, sem margem para diversas interpretações, a fim de que o pressuposto de objetividade seja atendido.

Figura 16 – Fluxograma da metodologia consolidada para a implementação da ferramenta.



Fonte: A autora (2019).

Para iniciar os trabalhos deverão ser realizadas algumas atividades preliminares, como: reuniões com a liderança da fábrica, coleta de material para estudo, entrevistas com funcionários, entre outras. Na realização deste trabalho, a reunião foi feita com a gerente de manufatura e a coordenadora de segurança. Foi sugerido um escopo para o trabalho e validado nessa reunião, assim como foi feita também a apresentação da empresa e dos acordos de sigilo.

Esta etapa tem grande relevância, pois é nela onde serão feitos os acordos a respeito da disponibilidade das pessoas para as entrevistas, *brainstormings*, construção dos diagramas, entre outras atividades. Caso isso não esteja bem alinhado desde o começo, podem surgir algumas dificuldades para dar andamento ao trabalho.

O material de estudo foi disponibilizado pela liderança, e incluiu treinamentos sobre os valores organizacionais da companhia, sobre o programa de gestão da segurança e também sobre o modelo utilizado para realizar as análises das atividades. Com esse material já foi possível iniciar a implementação da ferramenta.

3.4 Definição do sistema

Em sistemas complexos, faz-se necessário definir uma estratégia de implementação da ferramenta que permita a cobertura de todas as áreas ao longo do tempo. Isso deve ser feito através do uso do princípio de simplicidade, dividindo o sistema em partes menores e estabelecendo uma lógica de priorização destes por meio de critérios de classificação, como feito por Ringdahl (2001) em sua etapa de “preparação”.

Nesta etapa também é feita a definição do time que irá implementar a ferramenta, que segundo Swartz (2001) geralmente é composto de representantes da liderança, funcionários do time de segurança e operadores que tenham conhecimento das atividades que estão sendo analisadas.

Os critérios de classificação do sistema devem ser definidos utilizando dados reais da organização que tenham relação com a segurança operacional, como número de pessoas, quantidade de equipamentos, frequência de atividades, entre outros. Nessa etapa toda decisão deve contribuir para o aumento da segurança das pessoas. No caso de uma indústria, recomenda-se o uso do número de operadores para fazer uma priorização inicial. Dessa forma, a ferramenta é aplicada em uma área onde é possível fazer com que mais pessoas sejam beneficiadas pelos primeiros resultados.

Em resumo, esta etapa deve ter como primeiro passo a definição dos sistemas macro da organização. Logo após isso, deve-se escolher os critérios de priorização, aplicar nos sistemas, e dividir o sistema escolhido em subsistemas. A partir daí deve haver uma iteração desse processo de priorização e divisão até que seja encontrado o menor conjunto de subsistemas, que no caso do presente trabalho, será formado pelos equipamentos. Uma forma de dar velocidade a esta etapa é usar como base as definições de áreas e subáreas que já existem na organização.

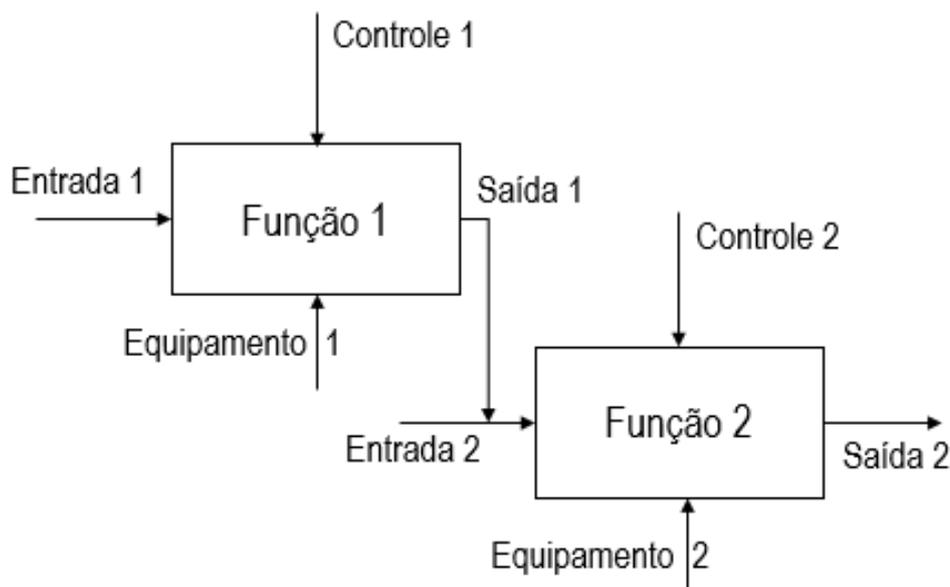
3.5 Descrição do sistema

Uma vez determinado o sistema onde será feita a análise, é necessário descrevê-lo para entender seu princípio de funcionamento e estabelecer as relações entre suas diferentes unidades funcionais. Rundmo, Sten e Kjéllen (1990) estabeleceram a descrição do sistema como etapa inicial da análise, compreendendo todo o sistema. Neste presente trabalho a descrição será feita apenas do sub sistema que for definido na etapa anterior.

Com a devida compreensão das leis que regem o sistema, é possível satisfazer ao pressuposto de estabilidade nesta etapa. Para isso será utilizado o Diagrama de Blocos Funcionais, ferramenta descrita na fundamentação metodológica que fornece uma descrição direta e visual do sistema analisado.

O diagrama de blocos funcionais auxiliará na definição das condições de contorno, ajudando o time a identificar as diferentes interações entre os subsistemas e o impacto de uma falha no sistema como um todo. A figura esquemática a seguir ilustra como esse diagrama deve ser construído.

Figura 17 – Figura esquemática de um diagrama de blocos funcionais.



Fonte: A autora (2019), com base em Narayan (2002).

3.6 Determinação das condições de contorno

A etapa de priorização vem sendo feita ao longo dos anos através do histórico de acidentes e incidentes na empresa (Roughton e Crutchfield (2008), Florczak (2001), entre outros), mas esse procedimento não atende ao pressuposto de objetividade e estabilidade do pensamento sistemático.

Além de não estabelecer uma relação entre todas as variáveis envolvidas nos fenômenos, não sendo uma análise estável, também não define os critérios de criticidade para a interpretação do histórico. Um analista poderia considerar, por exemplo, que um equipamento com dez acidentes no último ano é mais crítico que um equipamento que têm sistematicamente três acidentes todos os anos, enquanto outro poderia pensar exatamente o contrário, pois não há um critério que defina o que é crítico. Como permite diferentes interpretações de acordo com o observador, esse procedimento de priorização não atende ao critério de objetividade.

Sendo assim, essa etapa dedica-se à identificação do equipamento crítico do sistema através do método de decisão multicritério desenvolvido por Saaty, conhecido como Processo de Hierarquia Analítica. Nesse método, os fatores relevantes para a tomada de decisão são organizados em uma estrutura que deriva de um objetivo geral para critérios, subcritérios e alternativas em níveis sucessivos, estabelecendo uma conexão entre eles.

A prioridade entre os elementos é definida através de comparações em pares, regidas por uma escala numérica que indica quantas vezes um elemento é mais importante que o outro em relação a um critério ou propriedade que é a base de comparação. A tabela 2 exhibe a escala numérica e a definição de cada nível da escala.

O objetivo da análise hierárquica é identificar o equipamento crítico do sistema. Os equipamentos do Diagrama de Blocos Funcionais da etapa anterior são as alternativas, e os critérios serão definidos com base nos valores organizacionais, que consistem nas características relevantes do sistema definidas em comum acordo com a liderança da organização. É importante ressaltar, entretanto, que o objetivo central é a busca pela segurança das pessoas, e que os outros fatores devem contribuir com a relevância da ferramenta no contexto da organização sem tirar o foco da segurança.

Para esta etapa será utilizado o *software* SuperDecisions, um dos programas disponíveis para uso acadêmico do método Saaty. No programa é necessário conectar os critérios e alternativas e preencher todas as matrizes de acordo com os pesos e relevâncias, em comparações dois a dois. Feito isso, o programa realizará os cálculos matriciais necessários e fornecerá o equipamento crítico.

3.7 Detalhamento das atividades de operação do sistema

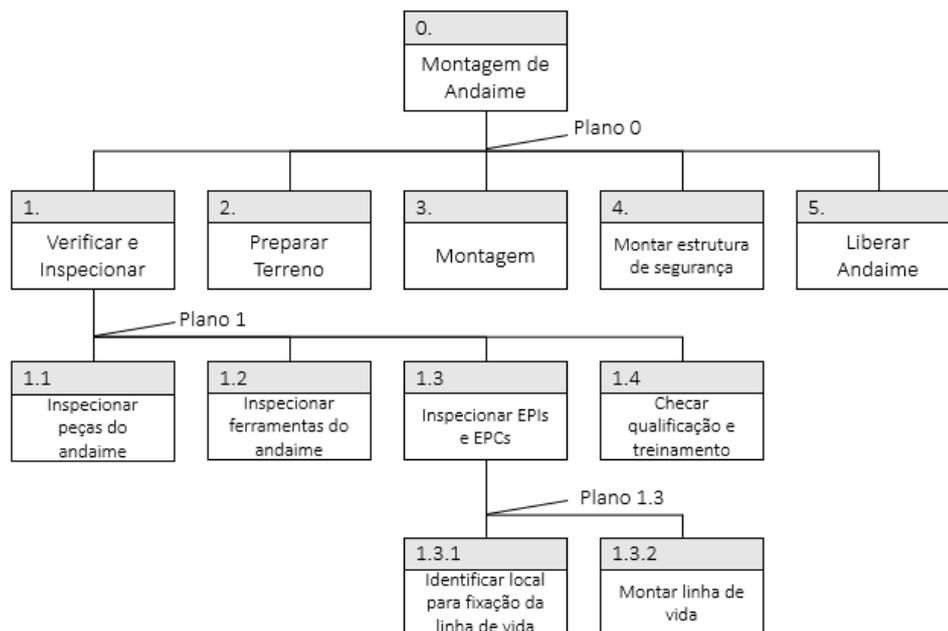
Com o equipamento crítico definido, faz-se um inventário das atividades operacionais que são realizadas nele, similar ao proposto por Swartz (2001) com a lista mestra, e faz-se a descrição delas através da Análise Hierárquica das Atividades. O detalhamento das atividades é feito de formas diferentes por cada um dos autores, e apenas Roughton e Crutchfield (2008) utilizam uma ferramenta auxiliar, neste caso o diagrama do Ishikawa, para esta etapa.

A decisão de utilizar a ferramenta de análise hierárquica consiste na profundidade fornecida por ela, através da conexão estabelecida entre as tarefas e os planos de execução. Essa conexão permite atender ao pressuposto de estabilidade e fornece o material necessário para a elaboração das recomendações de segurança.

A aplicação da técnica consiste em decompor o sistema em uma hierarquia formada por objetivos, que são detalhados em sub-objetivos mais específicos, que são novamente destrinchados em outros sub-objetivos até que seja atingido o nível de detalhe desejado para a análise da atividade. Novamente se faz presente o pressuposto da simplicidade como pilar de desenvolvimento da análise.

A figura 18, adaptada de Cardoso-Junior (2017), fornece um exemplo de análise hierárquica para a atividade de montagem de andaimes tubulares. Para fins de exemplificação, a figura contém apenas parte do diagrama completo da análise.

Figura 18 – Análise hierárquica da atividade de montagem de andaimes tubulares.



Fonte: Adaptado de Cardoso-Junior (2017).

Cada atividade que se divide em sub-objetivos gera novos planos de execução. Os quadros 4, 5 e 6 contém os planos citados na figura 17.

Quadro 4 – Descrição das etapas de execução do plano 0 da atividade de montagem dos andaimes.

<p>Plano 0: Montagem do Andaime De 1 a 5 Todas devem ser feitas em sequência.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar e Inspeccionar 2. Preparar terreno 3. Montagem 4. Montar Estrutura de Segurança 5. Liberar Andaime

Fonte: Adaptado de Cardoso-Junior (2017).

Quadro 5 – Descrição das etapas de execução do plano 1 da atividade de montagem dos andaimes.

<p>Plano 1: Verificar e Inspeccionar De 1.1 a 1.4 Podem ser realizadas em qualquer ordem.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Inspeccionar peças do andaime. Não devem indicar sinais de rachadura ou trincas. 1.2 Inspeccionar ferramentas do andaime. 1.3 Inspeccionar EPIs e EPCs. 1.4 Checar qualificação e treinamento. Por requisitos legais, nenhuma operação deve ser feita por pessoas sem treinamento ou com treinamentos vencidos.
--

Fonte: Adaptado de Cardoso-Junior (2017).

Quadro 6 – Descrição das etapas de execução do plano 1.3 da atividade de montagem dos andaimes.

<p>Plano 1.3: Inspeccionar EPIs e EPCs De 1.3.1 a 1.3.2 Devem ser feitas em sequência.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.3.1 Identificar local para fixação da linha de vida. Deve ser observado o material do ponto de fixação, assim como as condições de integridade dele. 1.3.2 Montar linha de vida.
--

Fonte: Adaptado de Cardoso-Junior (2017).

Esta etapa de descrição da atividade é crucial para garantir uma boa análise dos perigos. Se a atividade está detalhada com exatidão e tem os planos de execução bem definidos, é possível entender com profundidade como a atividade é realizada e o que pode impactar na segurança de sua execução. Ou seja, é possível atender aos pressupostos de simplicidade e de estabilidade, como dito anteriormente.

3.8 Identificação dos perigos associados às atividades de operação do sistema

Nessa etapa é imprescindível a participação do time multidisciplinar, que conheça a atividade, os equipamentos envolvidos e a área onde a atividade é realizada. A análise dos perigos será feita com base na análise hierárquica das atividades realizadas na etapa anterior, discutindo o passo a passo detalhado das atividades e identificando quais os perigos existentes em cada uma delas.

Essa etapa é comum a todos os autores, desde Heinrich (1931) até Zheng, Shuai e Shan (2016), diferindo apenas na base utilizada para a identificação dos perigos. No caso do procedimento apresentado neste trabalho, a base será composta pelos planos de execução da atividade, produtos da análise hierárquica da etapa anterior. Os perigos encontrados devem ser colocados na coluna de “Perigos Identificados” do formulário de Análise de Segurança das Atividades segundo o modelo apresentado na figura 19.

Figura 19 – Modelo proposto para o formulário de consolidação da análise de segurança das atividades.

Título da atividade		
Sequência de etapas da atividade	Perigos identificados	Recomendações de segurança
Nº. Plano de realização da atividade		

Fonte: A autora (2019).

3.9 Recomendações de segurança

Finalizada a etapa de identificação dos perigos, a equipe deve propor contramedidas de segurança coerentes com a realidade da empresa, pensando sempre em soluções definitivas e que não deixem margem de interpretação, a fim de atender ao pressuposto de objetividade. Para garantir o atendimento à este pressuposto, as recomendações deverão ser revisadas por diferentes pessoas do time e deve ser garantido que todos tenham o mesmo entendimento do que está sendo proposto.

Caso estas soluções precisem de um investimento financeiro inviável, devem ser elaboradas contramedidas que tragam o risco para um nível aceitável de acordo com os critérios da empresa, contanto que garantam a segurança da operação durante a realização da atividade.

Os operadores que realizam a atividade devem participar dessa discussão juntamente com a liderança da empresa e o time da análise, para que todos conheçam e discutam as ações propostas, acordando quanto a eficácia das contramedidas sugeridas. Essas ações irão preencher a coluna de “recomendações de segurança” do modelo apresentado na figura 19.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão abordadas todas as etapas de aplicação da ferramenta, incluindo todos os detalhes relevantes para a reprodução dos resultados.

4.1 Pesquisa de campo

A indústria química produtora de detergente em pó, localizada no estado de Pernambuco, foi escolhida como objeto de estudo para este trabalho devido a disponibilidade da liderança da empresa no que tange ao fornecimento dos dados necessários para a realização da pesquisa. O time da fábrica foi receptivo à ideia de revisar seus métodos de análise das atividades e fornecer os recursos necessários para que o trabalho fosse realizado.

Para definir o escopo da análise, o tempo necessário e os recursos disponíveis para a realização do trabalho, foi feita uma reunião com a gerência da fábrica. As principais necessidades foram pontuadas, incluindo o fato de as análises de segurança das atividades operacionais estarem há muito tempo sem uma revisão estruturada, sendo decidido em comum acordo que esse seria o foco principal do trabalho. Foi permitido o acesso aos procedimentos internos e toda a documentação relevante para a análise, com a condição de que eles não fossem publicados no trabalho.

4.2 A indústria química – definição do sistema

A definição do time responsável pela análise foi feita em dois momentos. No primeiro momento ainda não havia sido definido o sistema, portanto o time foi inicialmente formado por representantes da liderança de vários setores para guiar o processo de priorização através da divisão das áreas. Para as indústrias, de modo geral, as possíveis áreas macro são: produção, logística e utilidades. Isso se aplica também a indústria que serviu como objeto de estudo. A tabela 4 mostra cada uma das áreas e suas respectivas definições.

Como o foco do trabalho é a segurança das pessoas, o critério para escolha da área foi o número total de pessoas envolvidas, resultando na escolha da área produtiva. Na indústria onde o estudo foi realizado, a área produtiva é dividida entre processo e envase, e nesse caso a área priorizada, com base no mesmo critério anterior, foi a área de processo.

Tabela 4 – Definições das áreas macro presentes na indústria química.

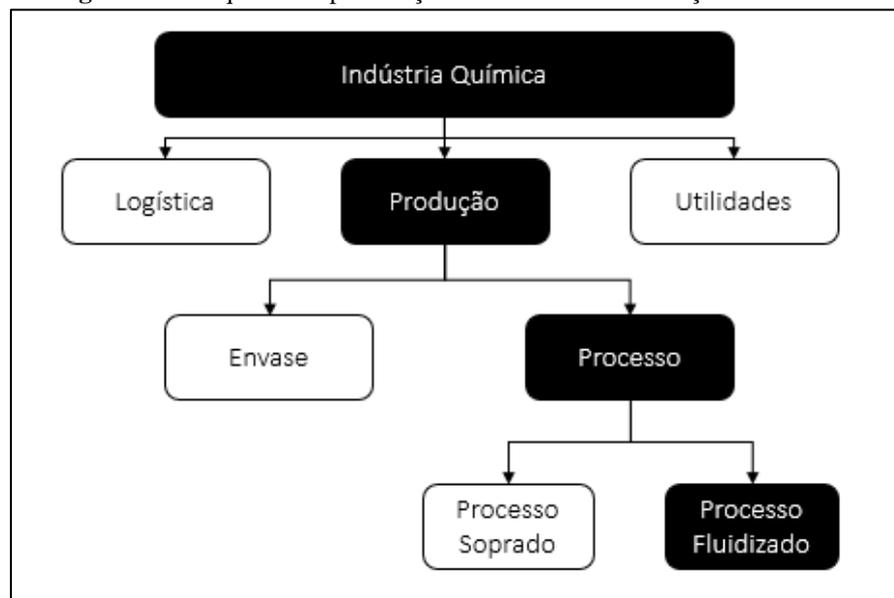
Área	Definição
Produção	Abrange todo o processo de fabricação, iniciando na dosagem, mistura e reação das matérias primas, e indo até o envase do produto na sua forma comercializada.
Logística	Compreende a movimentação interna de materiais entre as diferentes etapas do processo, o recebimento dos insumos e o transporte do produto final até os centros de distribuição.
Utilidades	Corresponde ao suprimento de ar comprimido, gás, água e eletricidade, ou seja, transporte e conversão das energias utilizadas no processo produtivo.

Fonte: A autora (2019).

O processo é dividido em duas tecnologias, denominadas de “soprado” e “fluidizado” em referência a etapa de granulação do pó, sendo a primeira por torre de sopragem e a segunda por leito fluidizado. Seguindo a mesma lógica de priorização, o processo fluidizado foi escolhido por possuir mais operadores, visto que o processo soprado tem grande parte das suas atividades já automatizadas. A figura 20 mostra o fluxo de priorização obtido nesta etapa.

Uma vez definido o sistema, a formação do time teve que ser revisada, pois não era mais necessário representantes da liderança de várias áreas, e agora era preciso incluir os operadores do processo fluidizado e o time de segurança. O time formado foi composto por:

- a) operador técnico do processo fluidizado;
- b) técnico de segurança responsável pelos processos;
- c) analista do processo fluidizado;
- d) coordenador de manufatura responsável pelo processo.

Figura 20 – Esquema de priorização estabelecido na definição do sistema.

Fonte: A autora (2019).

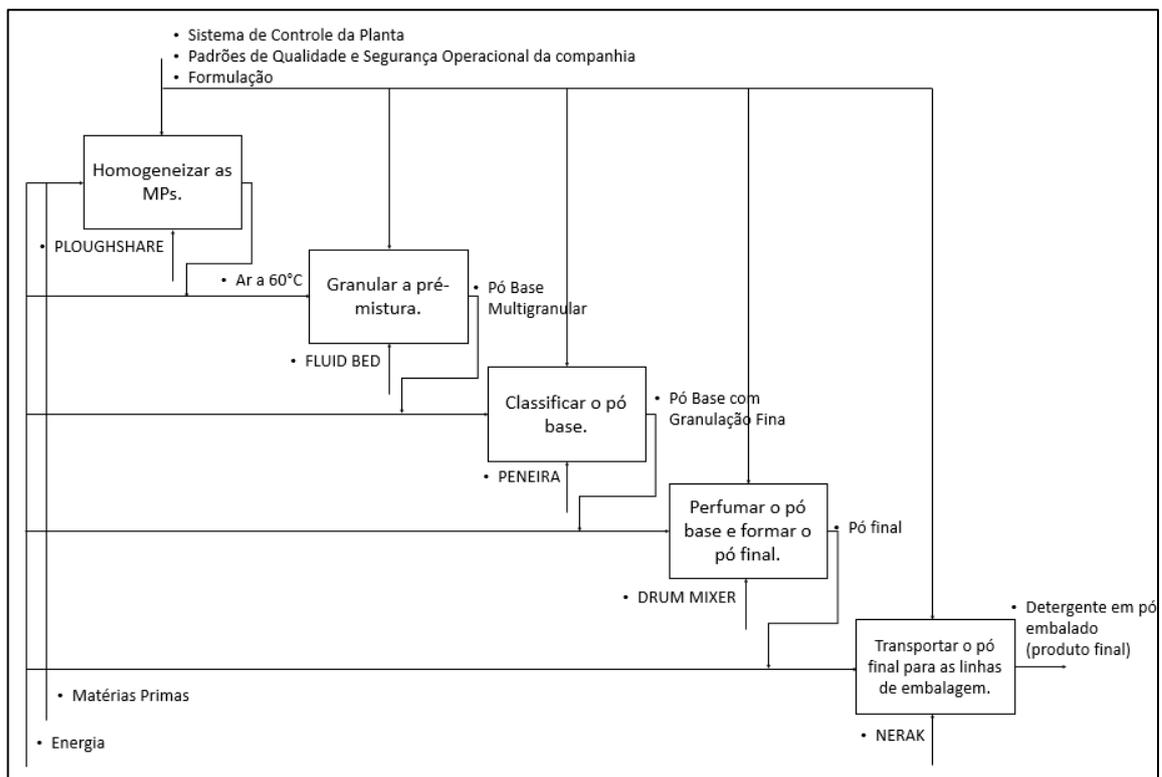
4.3 Processo fluidizado – descrição do sistema

Após a definição do sistema, foi montado o diagrama de blocos funcionais do processo de fabricação de detergente em pó por leito fluidizado da fábrica onde foi realizado o estudo, mostrado na figura 21. O diagrama foi montado com as informações coletadas *in loco*, a fim de ser a representação mais real possível do processo. O sistema possui cinco equipamentos principais: ploughshare, fluid bed, peneira, drum mixer e nerak.

No ploughshare é onde acontece a homogeneização das matérias-primas, formando uma pasta chamada de pré-mistura, que será granulada através do processo de fluidização no fluid bed. A fluidização ocorre com ar quente, que seca a pré-mistura e permite que o pó base multigranular seja formado. Na etapa de classificação, uma peneira é responsável por permitir apenas a passagem do pó de granulação fina, que já está pronto para passar pelo perfumador, drum mixer, e ser transportado no elevador horizontal de canecas chamado de nerak. Após o elevador horizontal, o detergente em pó já está pronto para ser envasado nas linhas de embalagem e chegar ao consumidor como produto final.

O diagrama fornece as alternativas para a escolha do equipamento crítico pelo método de decisão multicritérios, desenvolvido por Saaty, através do *software* SuperDecisions.

Figura 21 – Diagrama de blocos funcionais do processo fluidizado.



Fonte: A autora (2019).

4.4 Equipamento crítico – definição das condições de contorno

Os critérios foram definidos em comum acordo com a liderança da empresa, usando como base os valores da cultura organizacional. A decisão foi tomada através de uma reunião com representantes da operação, o supervisor da área, o gerente da planta e o time de analistas. A tabela 5 descreve os critérios escolhidos para fazer parte do processo decisório, juntamente com uma breve descrição do que eles representam.

Tendo estabelecido esses critérios, foram criadas, no programa SuperDecisions, as conexões necessárias entre o objetivo principal, que nesse caso é determinar o equipamento crítico, os critérios definidos e as alternativas encontradas através do diagrama de blocos.

Tabela 5 – Critérios escolhidos para o processo decisório de acordo com os valores organizacionais.

Critério	Definição
Custos de Manutenção	Refere-se ao número de quebras, custo das peças e quantidade de recursos necessários para as intervenções.
Eficiência	Relacionado ao impacto no volume produzido por hora da planta.
Produtividade	Associado a continuidade do processo, impactando na interrupção do abastecimento da próxima etapa do processo.
Qualidade	Impacto nas características de qualidade relevantes para o consumidor final (aspecto do pó, poder de limpeza do produto), com potencial de causar não conformidades e incidentes de mercado.
Segurança	Tem relação com todos os riscos que oferece a integridade física, ergonômica ou a saúde da operação.

Fonte: A autora (2019).

A figura 22 ilustra as conexões formadas entre os elementos, que são responsáveis por guiar a construção das matrizes. A primeira matriz relaciona o peso de cada um dos critérios em relação ao objetivo. Os critérios são avaliados dois a dois e pontuados de acordo com a escala Saaty descrita na tabela 2. Os pesos foram definidos também em conjunto com a liderança da empresa, que definiu quais critérios eram mais relevantes para o negócio. Na tabela 6 está o resultado da primeira matriz. Para essa matriz, a inconsistência encontrada foi de 0.04603, que está dentro do limite de 0.1 estabelecido na literatura.

Figura 22 – Esquema ilustrativo das conexões entre os elementos do processo de decisão multicritérios.



Fonte: A autora (2019).

Tabela 6 – Relação de priorização entre os critérios estabelecidos.

Equipamento	Custos de Manutenção	Eficiência	Produtividade	Qualidade	Segurança
Custos de Manutenção	1	1/2	1/3	1/6	1/9
Eficiência	2	1	1/2	1/5	1/7
Produtividade	3	2	1	1/4	1/6
Qualidade	6	5	4	1	1/4
Segurança	9	7	6	4	1

Fonte: A autora (2019).

Com os pesos dos critérios definidos, foi possível iniciar as matrizes para cada uma das alternativas, que foram comparadas em pares sempre levando em consideração um dos critérios por vez. Esse processo foi feito com o time operacional, composto pelo supervisor da área e os operadores que realizam as atividades nesses equipamentos, que conhecem bem os impactos de cada um deles e tem conhecimento técnico suficiente para fazer as comparações. Essa etapa resulta em uma matriz para cada critério, que estão dispostas nas tabelas a seguir, de 7 a 11.

Tabela 7 – Relação de priorização entre as alternativas, com relação aos custos de manutenção.

Custos de Manutenção	Peneira	Drum Mixer	Fluid Bed	Ploughshare	Nerak
Peneira	1	1/2	1/6	1/3	1/9
Drum Mixer	2	1	1/4	1/2	1/6
Fluid Bed	6	4	1	2	1/2
Ploughshare	3	2	1/2	1	1/5
Nerak	9	6	2	5	1

Fonte: A autora (2019).

Tabela 8 – Relação de priorização entre as alternativas, com relação a eficiência.

Eficiência	Peneira	Drum Mixer	Fluid Bed	Ploughshare	Nerak
Peneira	1	2	1/2	2	4
Drum Mixer	1/2	1	1/3	1	1/5
Fluid Bed	2	3	1	3	1/2
Ploughshare	1/2	1	1/3	1	1/5
Nerak	1/4	5	2	5	1

Fonte: A autora (2019).

Tabela 9 – Relação de priorização entre as alternativas, com relação a produtividade.

Produtividade	Peneira	Drum Mixer	Fluid Bed	Ploughshare	Nerak
Peneira	1	1	1/4	1	1/6
Drum Mixer	1	1	1/4	1	1/6
Fluid Bed	4	4	1	4	1/2
Ploughshare	1	1	1/4	1	1/6
Nerak	6	6	2	6	1

Fonte: A autora (2019).

Tabela 10 – Relação de priorização entre as alternativas, com relação a qualidade.

Qualidade	Peneira	Drum Mixer	Fluid Bed	Ploughshare	Nerak
Peneira	1	1/2	1/4	1/3	2
Drum Mixer	2	1	1/3	1/2	3
Fluid Bed	4	3	1	2	5
Ploughshare	3	2	1/2	1	5
Nerak	1/2	1/3	1/5	1/5	1

Fonte: A autora (2019).

Tabela 11 – Relação de priorização entre as alternativas, com relação a segurança.

Segurança	Peneira	Drum Mixer	Fluid Bed	Ploughshare	Nerak
Peneira	1	1/3	1/7	1/8	1/9
Drum Mixer	3	1	1/3	1/4	1/7
Fluid Bed	7	3	1	1/2	1/4
Ploughshare	8	4	2	1	1/3
Nerak	9	7	4	3	1

Fonte: A autora (2019).

O consolidado dos pesos entre as alternativas e critérios está na figura 23, onde se evidencia que, de todos os critérios, Segurança é o mais relevante, seguido por Qualidade. O software do *SuperDecisions* faz o consolidado dos dados utilizando todos os cálculos matriciais necessários, que não serão abordados por não fazerem parte do objetivo do trabalho. As telas do programa com os dados obtidos podem ser encontradas no apêndice A.

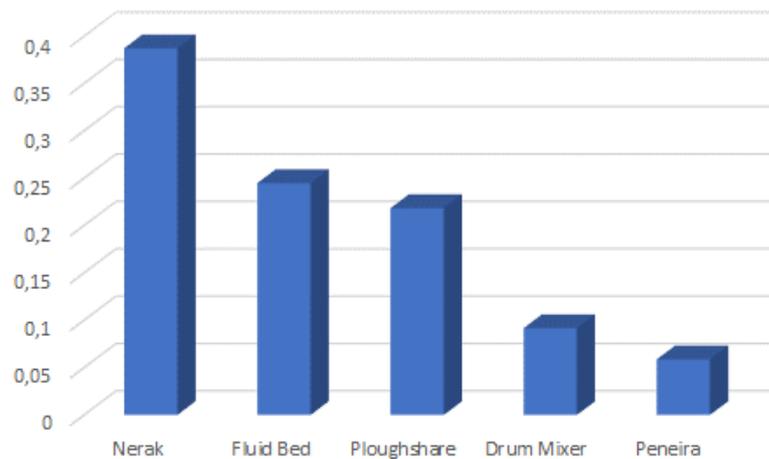
Figura 23 – Esquema com o resumo dos pesos obtidos no processo de decisão multicritério.

DEFINIR O EQUIPAMENTO CRÍTICO DO PROCESSO										
QUALIDADE		SEGURANÇA		PRODUTIVIDADE		EFICIÊNCIA		CUSTOS		
0.25		0.56		0.09		0.06		0.04		
PLOUGHSHARE	0.27	PLOUGHSHARE	0.24	PLOUGHSHARE	0.08	PLOUGHSHARE	0.08	PLOUGHSHARE	0.13	
FLUID BED	0.42	FLUID BED	0.16	FLUID BED	0.29	FLUID BED	0.24	FLUID BED	0.26	
PENEIRA	0.09	PENEIRA	0.03	PENEIRA	0.08	PENEIRA	0.14	PENEIRA	0.04	
DRUM MIXER	0.16	DRUM MIXER	0.07	DRUM MIXER	0.07	DRUM MIXER	0.08	DRUM MIXER	0.08	
NERAK	0.06	NERAK	0.50	NERAK	0.48	NERAK	0.46	NERAK	0.49	

Fonte: A autora (2019).

A seguir, o gráfico 1 mostra o consolidado das prioridades, evidenciando que o Nerak é o equipamento crítico do processo.

Gráfico 1 – Pontuação consolidada de prioridade entre as alternativas do processo de decisão multicritério.



Fonte: A autora (2019).

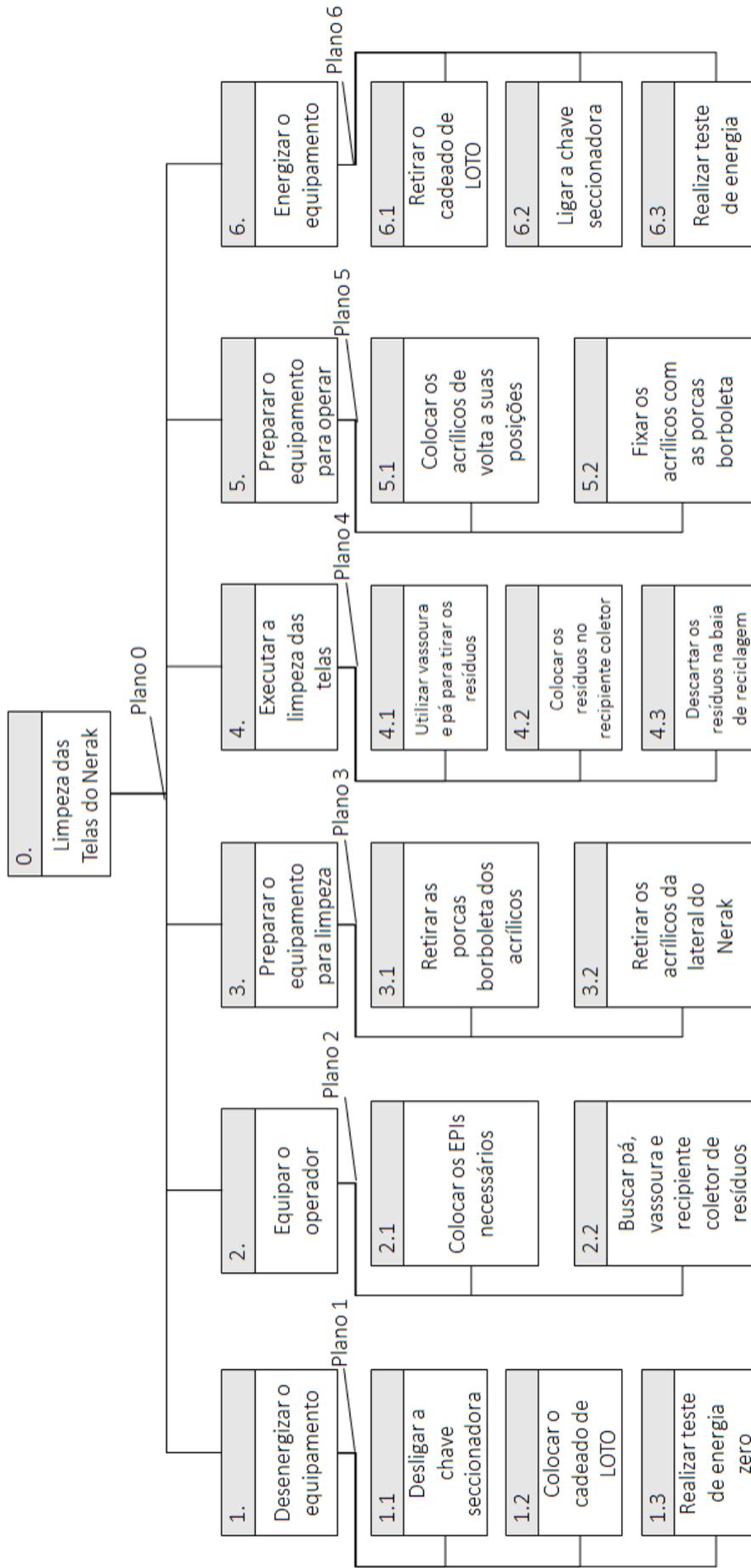
4.5 Nerak – detalhamento das atividades de operação

Tendo definido qual o equipamento crítico, pode-se avançar para a etapa de detalhamento das atividades, feita através do método de Análise Hierárquica das Atividades. Primeiramente foram inventariadas as que são realizadas nesse equipamento, listadas a seguir:

- a) limpeza das telas das moegas do Nerak;
- b) limpeza das gavetas do Nerak.

O propósito da análise dessas atividades é ter propriedade nas etapas de execução de cada uma delas. Como fonte de informação foram considerados os documentos de análise de risco disponibilizados pela equipe de segurança da fábrica e entrevistas com os operadores responsáveis pela execução das atividades. As figuras 24 e 25 e os quadros de 7 a 18 exibem as análises hierárquicas das atividades e os respectivos planos de execução.

Figura 24 – Análise hierárquica da atividade de limpeza das telas das moegas do Nerak.



Fonte: A autora (2019).

Quadro 7 – Detalhamento da execução do plano 0 da atividade de limpeza das telas do Nerak.

Plano 0: Limpeza das Telas do Nerak De 1 a 6
1 e 2 podem ser executados em qualquer ordem entre si, mas obrigatoriamente antes de todos os outros. 3,4,5 e 6 devem ser executados na ordem descrita. <ol style="list-style-type: none"> 1. Desenergizar o equipamento 2. Equipar o operador 3. Preparar o equipamento para limpeza 4. Executar a limpeza das telas 5. Preparar o equipamento para operar 6. Energizar o equipamento

Fonte: A autora (2019).

Quadro 8 – Detalhamento da execução do plano 1 da atividade de limpeza das telas.

Plano 1: Desenergizar o equipamento De 1.1 a 1.3
Deve ser executado obrigatoriamente antes de 3,4,5 e 6. De 1.1 a 1.3: devem ser realizados na sequência descrita. <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Desligar a chave seccionadora 1.2 Colocar o cadeado de LOTO O cadeado deve conter uma etiqueta com o nome e foto do operador que está realizando o bloqueio 1.3 Realizar teste de energia zero Nesse teste, nenhuma pessoa deve estar em contato com as partes móveis do equipamento. Prosseguir apenas se constatada a energia zero.

Fonte: A autora (2019).

Quadro 9 – Detalhamento da execução do plano 2 da atividade de limpeza das telas.

Plano 2: Equipar o operador De 2.1 a 2.2
Pode ser executado antes de 1, e obrigatoriamente antes de 3, 4 e 5. De 2.1 a 2.2: podem ser executadas em qualquer ordem. <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Colocar os EPIs necessários. Para esta atividade, além dos EPIs exigidos na área de execução da atividade, devem utilizar-se luvas e proteção respiratória. 2.2 Buscar pá, vassoura e recipiente coletor de resíduos.

Fonte: A autora (2019).

Quadro 10 – Detalhamento da execução do plano 3 da atividade de limpeza das telas.

Plano 3: Preparar o equipamento para limpeza De 3.1 a 3.2
Obrigatoriamente executada antes de 4 e 5. 3.1 e 3.2 devem ser executados na ordem descrita. 3.1 Retirar as porcas borboleta dos acrílicos. 3.2 Retirar os acrílicos da lateral do Nerak

Fonte: A autora (2019).

Quadro 11 – Detalhamento da execução do plano 4 da atividade de limpeza das telas.

Plano 4: Executar a limpeza das telas De 4.1 a 4.3
Não pode ser executado antes de 3,2 e 1. Obrigatoriamente antes de 5 e 6. 4.1 Utilizar vassoura e pá para retirar os resíduos. 4.2 Colocar os resíduos no recipiente coletor. Caso nesse processo caia pó no chão, recolher e colocar também no recipiente. 4.3 Descartar os resíduos na baia de reciclagem.

Fonte: A autora (2019).

Quadro 12 – Detalhamento da execução do plano 5 da atividade de limpeza das telas.

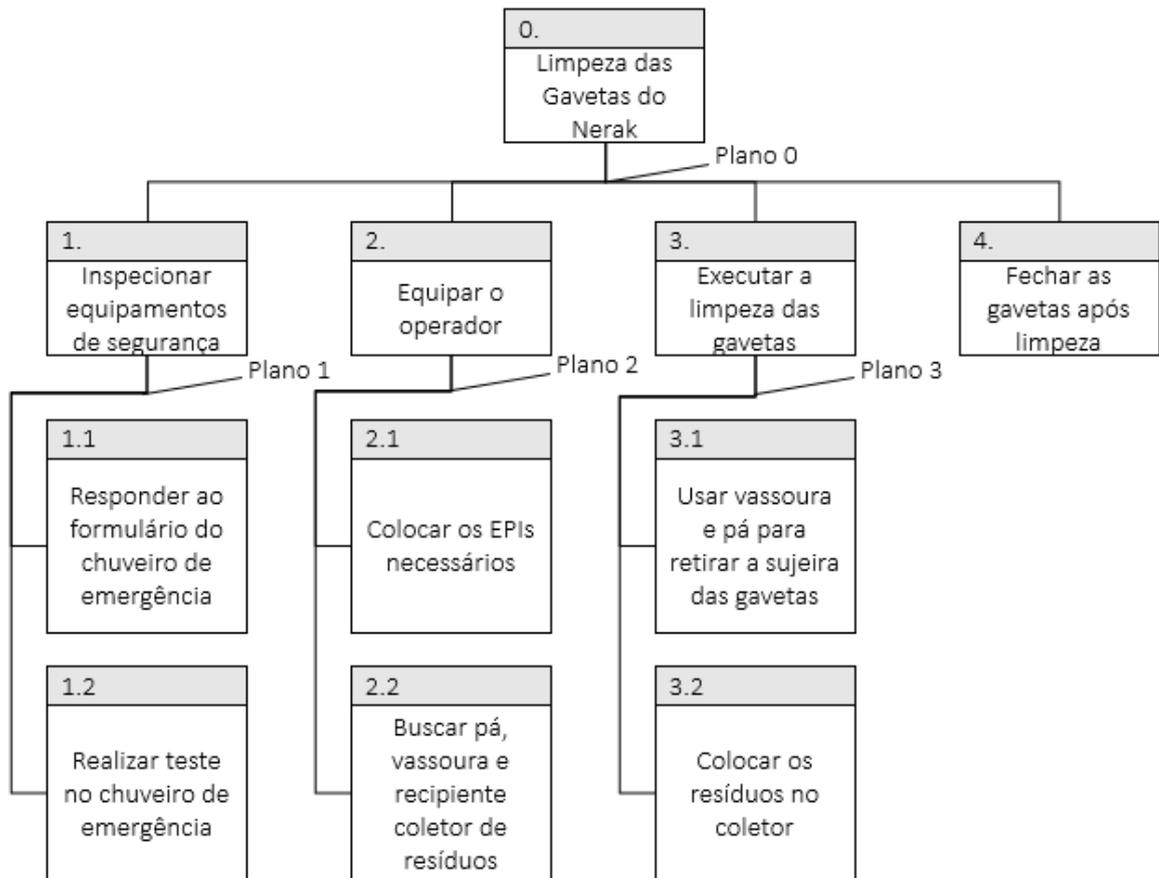
Plano 5: Preparar o equipamento para operar De 5.1 a 5.2
Executado depois da finalização da limpeza, feita em 4. 5.1 Colocar os acrílicos de volta a suas posições. 5.2 Fixar os acrílicos com as porcas borboleta

Fonte: A autora (2019).

Quadro 13 – Detalhamento da execução do plano 5 da atividade de limpeza das telas.

Plano 6: Energizar o equipamento De 6.1 a 6.3
Caracteriza a conclusão da atividade. 6.1 Retirar o cadeado de LOTO Essa retirada só pode ser feita pelo dono do cadeado. 6.2 Ligar chave seccionadora. 6.3 Realizar teste de energia Para esse teste, garantir que não há ferramentas dentro do equipamento ou pessoas em contato com partes móveis do equipamento.

Fonte: A autora (2019).

Figura 25 – Análise hierárquica da atividade de limpeza das gavetas do Nerak.

Fonte: A autora (2019).

Quadro 14 – Detalhamento da execução do plano 0 da atividade de limpeza das gavetas.

Plano 0: Limpeza das Gavetas do Nerak
De 1 a 4
1 e 2 podem ser feitas em qualquer ordem entre si. 1 deve ser executada obrigatoriamente antes de 3 e 4.
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar equipamentos de segurança 2. Equipar o operador 3. Executar a limpeza das gavetas 4. Fechar as gavetas após limpeza

Fonte: A autora (2019).

Quadro 15 – Detalhamento da execução do plano 1 da atividade de limpeza das gavetas.

Plano 1: Inspeccionar equipamentos de segurança De 1.1 a 1.2
1.1 e 1.2 podem ser realizadas em qualquer ordem. 1.1 Responder ao formulário do chuveiro de emergência 1.2 Realizar teste do chuveiro de emergência Nesse teste, deverá ser checado o fluxo de água do chuveiro. Manter aberto por pelo menos 5 segundos.

Fonte: A autora (2019).

Quadro 16 – Detalhamento da execução do plano 2 da atividade de limpeza das gavetas.

Plano 2: Equipar o operador De 2.1 a 2.2
2.1 e 2.2 podem ser executados em qualquer ordem. 2.1 Colocar os EPIs necessários. Além dos EPIs exigidos na área, deve-se usar luvas e proteção respiratória. 2.2 Buscar pá, vassoura e recipiente coletor de resíduos.

Fonte: A autora (2019).

Quadro 17 – Detalhamento da execução do plano 3 da atividade de limpeza das gavetas.

Plano 3: Executar a limpeza das gavetas De 3.1 a 3.2
3.2 depende de 3.1 para ser realizada. 3.1 Usar pá e vassoura para retirar a sujeira das gavetas. 3.2 Colocar os resíduos no coletor.

Fonte: A autora (2019).

4.6 Atividades operacionais – identificação dos perigos associados e recomendações de segurança

Para a listagem dos perigos identificados e das recomendações de segurança, utilizou-se o formulário proposto, com três colunas de preenchimento. Na primeira coluna foram colocadas as etapas da atividade, seguindo a ordem prescrita no plano de execução. Na segunda são colocados os perigos identificados em cada etapa, e na terceira coluna são registradas as recomendações. Os quadros 18, 19 e 20 exibem as análises realizadas.

Quadro 18 – Análise de segurança da atividade de limpeza das telas das moegas do Nerak. (parte 1)

Atividade: Limpeza das telas das moegas do Nerak.		Página 1/2
Seqüência de Etapas da Atividade	Perigos Identificados	Recomendações de Segurança
Plano 1: Desenergizar o equipamento		
1.1 Desligar a chave seccionadora	Choque Elétrico se estiver vazando corrente através da chave.	Conferir com um amperímetro se há fuga de corrente antes de acionar a chave. Caso tenha, não atuar e acionar o time de elétrica.
1.2 Colocar o cadeado de LOTO		
1.3 Realizar teste de energia zero	Prensamento caso o LOTO falhe em desenergizar o equipamento e alguém esteja em contato com alguma parte móvel.	Reunir todos os operadores que estejam trabalhando em um raio de até 5m do equipamento, até que o teste de energia zero seja finalizado comprovando que o equipamento está desenergizado.
Plano 2: Equipar o operador		
2.1 Colocar os EPIs necessários	Corte ou inalação de pó devido ao uso inadequado dos EPIs.	Realizar um diálogo de segurança por mês abordando o modo correto de utilização de cada um dos EPIs, a fim de manter o tema sempre em evidência.
2.2 Buscar pá, vassoura e recipiente coletor de resíduos.	Corte devido a cantos vivos nas ferramentas	Modificação no plano de execução da atividade, tornando obrigatória a realização da 2.1 antes da 2.2. As luvas devem ser colocadas antes.
	Rota de tráfego	Disponibilizar os materiais de limpeza em um local que seja entre o equipamento e a rota de tráfego mais próxima. Se não for possível, colocar em um ponto no qual o operador consiga chegar através de uma rota que possua faixa exclusiva para pedestres.
Plano 3: Preparar o equipamento para limpeza		
3.1 Retirar as porcas borboleta dos acrílicos.	Batida contra o elevador horizontal ao abaixar para pegar alguma peça que caiu	Substituição das porcas borboleta por uma porta de visita com ferrolhos e maçaneta, que elimine a necessidade de ela ser retirada dessa forma.
	Corte devido a alguma porca borboleta danificada	
	Lesão por Esforço Repetitivo (cada tampa possui 10 porcas e o elevador possui mais de 20 janelas ao total)	
3.2 Retirar os acrílicos da lateral do Nerak.	Prensamento do dedo no momento da retirada, caso algum lado emperre.	

Fonte: A autora (2019).

Quadro 19 – Análise de segurança da atividade de limpeza das telas das moegas do Nerak. (parte 2)

Atividade: Limpeza das telas das moegas do Nerak		Página 2/2
Sequência de Etapas da Atividade	Perigos Identificados	Recomendações de Segurança
Plano 4: Executar a limpeza das telas		
4.1 Utilizar vassoura e pá para retirar os resíduos.	Golpe ou batida contra se o operador projetar o corpo para dentro do elevador horizontal.	Confeccionar cabos de vassoura alongados, no tamanho que evite que ele projete o corpo para dentro do elevador para alcançar partes mais distantes da tela. O cabo deve ter o tamanho da tela somado a 1m para gerar mais conforto durante a operação.
	Estresse físico devido a temperatura do ambiente (pode estar muito quente)	Não realizar a limpeza em horários de pico de temperatura (10-14h)
4.2 Colocar os resíduos no recipiente coletor.	Escorregão se cair material no chão e o operador não perceber	Demarcar um local em frente ao coletor para que o operador se posicione antes de descartar, aumentando o nível de atenção na operação de descarte. Esse local deve ser demarcado com fita adesiva apenas para a realização da atividade, sendo retirado quando ela for finalizada.
4.3 Descartar os resíduos na baía de reciclagem.	Rota de tráfego	Disponibilizar os materiais de limpeza em um local que seja entre o equipamento e a rota de tráfego mais próxima. Se não for possível, colocar em um ponto no qual o operador consiga chegar através de uma rota que possua faixa exclusiva para pedestres.
Plano 5: Preparar o equipamento para operar		
5.1 Colocar os acrílicos de volta a suas posições.	Prensamento do dedo no momento da retirada caso algum lado emperre	Substituição das porcas borboleta por uma porta de visita com ferrolhos e maçaneta, que elimine a necessidade de ela ser retirada desse forma.
5.2 Fixar os acrílicos com as porcas borboleta.	Batida contra o elevador horizontal ao abaixar para pegar alguma peça que caiu	
	Corte devido a alguma porca borboleta danificada	
	Lesão por Esforço Repetitivo (cada tampa possui 10 porcas e o elevador possui mais de 20 janelas no total)	
Plano 6: Energizar o equipamento		
6.1 Retirar o cadeado de LOTO	Choque Elétrico se estiver vazando corrente na chave.	Conferir com um amperímetro se há fuga de corrente antes de acionar a chave. Caso tenha, não atuar e acionar o time de elétrica.
6.2 Ligar chave seccionadora.		
6.3 Realizar teste de energia	Prensamento se alguma proteção estiver fora do lugar antes de ligar o equipamento ou alguém estiver em contato com partes móveis.	Reunir todos os operadores que estejam trabalhando em um raio de até 5m do equipamento, nomear um operador para que cheque se todas as proteções estão no lugar e só então realizar o teste e comprovar se o equipamento está energizado novamente.

Fonte: A autora (2019).

Quadro 20 – Análise de segurança da atividade de limpeza das gavetas do Nerak.

Atividade: Limpeza das gavetas do Nerak.		Página 1/1
Sequência de Etapas da Atividade	Perigos Identificados	Recomendações de Segurança
Plano 1: Inspeccionar equipamentos de segurança		
1.1 Responder ao formulário do chuveiro de emergência	Queda devido a chão úmido após a realização do teste	Colocar uma superfície absorvente no entorno do chuveiro de emergência, com característica antiderrapante; Incliná-lo ao redor do chuveiro, de modo que direcione o escoamento da água e evite a formação de poças; Colocar materiais de limpeza em até 5m de distância do chuveiro para facilitar a retirada da água.
1.2 Realizar teste do chuveiro de emergência		
Plano 2: Equipar o operador		
2.1 Colocar os EPIs necessários	Corte devido a uso inadequado do EPI	Realizar um diálogo de segurança por mês abordando o modo correto de utilização de cada um dos EPIs, a fim de manter o tema sempre em evidência.
2.2 Buscar pá, vassoura e recipiente coletor de resíduos	Corte devido a cantos vivos nas ferramentas	Modificação no plano de execução da atividade, tornando obrigatória a realização da 2.1 antes da 2.2. As luvas devem ser colocadas antes.
	Rota de tráfego	Disponibilizar os materiais de limpeza em um local que seja entre o equipamento e a rota de tráfego mais próxima. Se não for possível, colocar em um ponto no qual o operador consiga chegar através de uma rota que possua faixa exclusiva para pedestres.
Plano 3: Executar a limpeza das gavetas		
3.1 Usar pá e vassoura para retirar a sujeira das gavetas	Ergonomia, devido ao peso das gavetas cheias de pó	Determinar que a atividade seja realizada obrigatoriamente por duas pessoas, para distribuir o peso e mitigar o esforço ergonômico.
	Corte devido a alguma superfície cortante no equipamento	Uso de luvas (EPI)
	Inalação de pó/poeira durante a limpeza	Uso de máscara para a limpeza (EPI)
3.2 Colocar os resíduos no coletor.	Escorregão se cair material no chão e o operador não perceber	Demarcar um local em frente ao coletor para que o operador se posicione antes de descartar, aumentando o nível de atenção na operação de descarte. Esse local deve ser demarcado com fita adesiva apenas para a realização da atividade, sendo retirado quando ela for finalizada.

Fonte: A autora (2019).

5 CONCLUSÃO

Através do procedimento proposto e com os resultados obtidos, foi possível estabelecer a implementação da metodologia da ferramenta de Análise de Segurança das Atividade com base no pensamento sistemático, satisfazendo aos três pressupostos centrais: simplicidade, estabilidade e objetividade.

A compreensão dos princípios de funcionamento do sistema forneceu ao time o conhecimento necessário para propor recomendações de segurança pertinentes, diretas e conectadas com as etapas da atividade. Esse resultado é um contraponto ao que foi evidenciado em autores como Swartz (2001) e Ringdahl (2001), cujas diretrizes não atendiam aos critérios de objetividade.

O detalhamento hierárquico trouxe uma nova perspectiva para a descrição das atividades ao atrelar também os planos de execução das tarefas, estabelecendo as relações funcionais entre elas, evitando dúvidas acerca de como uma se relaciona com a outra e contribuindo para atender tanto ao critério de estabilidade quanto ao critério de simplicidade do pensamento sistemático. O uso do diagrama de blocos funcionais para a compreensão e divisão do sistema também contribuiu para atender ao critério de simplicidade.

Fica estabelecido, com o uso da ferramenta de análise hierárquica da atividade, um modelo a ser seguido para o detalhamento, um ponto que havia sido evidenciado como uma vulnerabilidade na revisão de literatura da ferramenta. Visto que a metodologia contribuiu para o aumento do nível de compreensão acerca das etapas de realização da atividade, um número maior de perigos pôde ser identificado para cada etapa se comparado aos exemplos fornecidos por autores como Ringdahl (2001) e Roughton e Crutchfield (2008).

As condições de contorno definidas com o auxílio do método Saaty foram utilizadas para estabelecer o que é crítico no sistema. Com a introdução dos valores organizacionais na definição dos critérios, foi possível estabelecer uma conexão entre os fatores de interesse para a companhia e o equipamento crítico do sistema. Com isso, a análise ganhou ainda mais relevância para a liderança da empresa ao mostrar-se alinhada aos demais objetivos do negócio.

Todavia, o retorno do time de liderança da fábrica a respeito da aplicabilidade do procedimento foi extremamente positiva. A sistemática estabelecida foi elogiada por ter conseguido atingir a área que é, de fato, a de maior relevância dentro da empresa, e com isso ter contribuído para a segurança das pessoas que trabalham nela.

Além disso, foi feita uma comparação entre o resultado deste trabalho e a análise de segurança que havia sido feita de acordo com os padrões vigentes da empresa. Para ambas as

atividades analisadas houve um aumento no número de perigos identificados, o que também se refletiu no número e na qualidade das recomendações de segurança, que agora atendem aos pressupostos do método científico. Os resultados deste trabalho fornecem, entretanto, um modelo sistemático para revisão das análises já realizadas a fim de adequá-las ao pensamento sistemático.

Em resumo, os resultados foram positivos e as diretrizes estabelecidas permitiram a implementação sistemática da ferramenta nas atividades de operação da indústria química. A lógica construída pode ser aplicada em qualquer segmento da indústria e com todos os tipos de atividade. Atividades de manutenção de uma indústria alimentícia, por exemplo, podem ser analisadas com as diretrizes utilizadas neste trabalho.

O procedimento proposto destaca-se por proporcionar essa abordagem estruturada, que otimiza os recursos disponíveis ao direcionar a equipe para a área de maior relevância no sistema, padroniza o desenvolvimento da análise através do método científico e gera recomendações de segurança eficazes e conectadas com as etapas da atividade, proporcionando um caminho para a obtenção de um ambiente de trabalho com atividades mais seguras.

Entretanto, algumas limitações, que não retiram de forma alguma o mérito dos resultados deste trabalho, foram identificadas e merecem ser pontuadas. A primeira delas é referente ao próprio método científico utilizado, referenciado através dos pressupostos do pensamento sistemático. Devido ao curto período de tempo disponível para elaboração das diretrizes, aplicação da metodologia e validação dos resultados, não foi possível alcançar uma compreensão do método em toda a sua profundidade. Muitas vertentes não puderam ser abordadas e devidamente discutidas, e a limitação de tempo também não permitiu a replicação dos resultados em outra área da empresa.

Outro limite do trabalho consiste na existência de subjetividade na etapa de definição do equipamento crítico através do método de decisão multicritérios. Apesar de ser um método matemático, a definição do peso ou relevância dos critérios e alternativas ainda é dependente do conhecimento dos especialistas envolvidos na análise. Mesmo com uma etapa prévia de compreensão do sistema e de suas leis de funcionamento, que reforça e fornece fundamento técnico a esse conhecimento adquirido, o método não possui nenhuma diretriz que impeça de haver manipulação em seus resultados.

Além disso, a atividade mais crítica pode não estar associada ao equipamento crítico. O intuito da priorização através do equipamento crítico foi conseguir conectar a segurança operacional com os outros valores da organização, por elevar a percepção de relevância da

ferramenta na empresa. Entretanto, isso não garante que a atividade mais perigosa está sendo analisada, e isso configura uma limitação da metodologia aplicada.

Este presente trabalho dedicou-se a estabelecer a lógica de implementação da ferramenta através de um procedimento que atendesse aos pressupostos do método científico, entretanto este é apenas o começo da linha de pensamento construída. Como recomendação para os trabalhos futuros, vale ressaltar o surgimento de novos pressupostos científicos, referenciados pelo pensamento sistêmico, que relacionam os fatores humanos, complexos e subjetivos dos sistemas.

O procedimento estabelecido neste trabalho fornece a base necessária para uma pesquisa de mestrado, que pode agregar os pressupostos tanto do pensamento sistemático quanto do sistêmico, a fim de adicionar também os fatores de desempenho humano que influenciam na execução das atividades. Ainda há muito o que explorar nesse tema, e a literatura pode ser investigada com ainda mais profundidade, incluindo as contribuições feitas por outros trabalhos de mestrado e doutorado.

Seguindo essa mesma linha de raciocínio, é possível conjecturar a respeito da elaboração de uma nova metodologia para a implementação da ferramenta, que poderá ser desenvolvida a partir dos resultados obtidos no mestrado. Ao revisar as contribuições existentes e incluir os paradigmas científicos, estabelecem-se novas diretrizes para a Análise de Segurança das Atividades.

Em suma, este trabalho obteve sucesso em atender ao seu objetivo, fornecendo diretrizes baseadas no pensamento sistemático para a implementação da Análise de Segurança das Atividades, tendo como objeto de estudo uma indústria química localizada no estado de Pernambuco e utilizando como base para o estudo as atividades operacionais.

REFERÊNCIAS

- ANNETT, J. Hierarchical task analysis. **Handbook of Cognitive Task Design**: New Jersey: Erlbaum Mahwah, p.17-35, 2003.
- _____. Hierarchical Task Analysis (HTA). **Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods**. Florida: CRC Press LLC, p. 294-300, 2005.
- CARDOSO-JUNIOR, M. Redução e predição do erro humano utilizando a análise hierárquica de tarefas – HTA. *In*: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 2017, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: SIMPEP, 2017.
- CHIBENI, S. S. Descartes e o realismo científico. **Reflexão**, n. 57, p. 35-53, 1993.
- FLORCZAK, C.; ROUGHTON, J. **Hazardous waste compliance**. Massachusetts: Butterworth-Heinemann, 2001.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- GLENN, D. Job Safety Analysis: its role today. **Professional Safety**, v. 56, n. 3, p. 48-57, mar. 2011.
- HEINRICH, H.W. **Industrial accident prevention**: a scientific approach. New York: McGraw-Hill Book Co, 1931.
- MATTILA, MK. Job load and hazard analysis: a method for the analysis of workplace conditions for occupational health care. **British Journal of Industrial Medicine**, v. 42, 1985. p. 656-666.
- NARAYAN, V. **Effective maintenance management**: risk and reliability strategies for optimizing performance. New York: Industrial Press, 2012.
- ROUGHTON, J.; CRUTCHFIELD, N. **Job hazard analysis**: a guide for voluntary compliance and beyond. Massachusetts: Butterworth-Heinemann, 2008.
- SAATY, T. **Decision making with the analytic hierarchy process**. Pittsburgh: Inderscience Enterprises Ltd. *Int. J. Services Sciences*, v. 1, n. 1, 2008.
- _____. **Analytic heirarchy process**. Pittsburgh: Statistics Reference Online, 2014.
- _____. **How to make a decision**: the analytic hierarchy process. North-Holland: European Journal of Operational Research, No. 48, 1990.
- SALMON, P. et al. **Hierarchical task analysis vs. cognitive work analysis**: comparison of theory, methodology and contribution to system design. London: Theoretical Issues in Ergonomics Science, 2010.
- SILVA, P. J. P. da. **Análise da evolução da legislação, como fator fundamental na melhoria das condições de trabalho**. 2014. 299 f. Dissertação (Mestrado em Segurança e

Higiene no Trabalho) - Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Ciências Empresariais – IPS ESCE. Setúbal, 2014.

STANTON, N. **Hierarchical task analysis**: developments, applications, and extensions. Elsevier, 2006.

SWARTZ, G. **Job hazard analysis**: a guide to identifying risks in the workplace. Maryland: Government Institutes, 2001.

VARGAS, L. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. **European Journal of Operational Research**, n. 48, 1990.

VASCONCELLOS, M. J. E. de. **Pensamento sistêmico**: o novo paradigma da ciência. 7. ed. São Paulo: Papyrus, 2002.

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, 2017.

GLOSSÁRIO

Atividade: Conjunto de tarefas que devem ser realizadas a fim de alcançar um propósito.

Diretrizes: Orientações que definem e regulam um traçado ou um caminho a se seguir. São então, instruções ou indicações para se estabelecer um plano, uma ação ou um negócio.

Fenômeno: Evento que pode ser explicado de cientificamente (ou através de métodos científicos).

Perigo: Fator que tem a capacidade de produzir dano.

Procedimento: Detalhamento padronizado das operações necessárias para a realização de uma atividade.

Risco: Probabilidade real ou potencial do perigo causar um dano, levando em conta a severidade e número de pessoas afetadas.

Sistema: Reunião de elementos fundamentais que se interligam de modo a formar um propósito único.

Tarefas: Etapas que compõem uma atividade. Quando realizadas através da relação estabelecida entre elas, é possível atingir o objetivo da atividade.

APÊNDICE A – TELAS DO PROGRAMA SUPERDECISION

Figura 26 – Tela dos resultados de análise para definição dos pesos entre os critérios.

Main Network: ICC_Rafaela_Lima.sdmod: ratings //

File Design Computations Help

Network Judgments Ratings

1. Choose Node Cluster: Definir o equi~ Cluster: Goal Choose Cluster: Criteria

2. Node comparisons with respect to Definir o equipament~

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Definir o equipament critico do processo de producao de sabao em po" node in "Criteria" cluster

1. Custos de Ma~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c
2. Custos de Ma~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c
3. Custos de Ma~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c
4. Custos de Ma~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c
5. Eficiência	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c
6. Eficiência	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c
7. Eficiência	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c
8. Produtividad~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c
9. Produtividad~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c
10. Qualidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No c

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0,04603

Custos de~	0.03924
Eficiência	0.06058
Produtivi~	0.09370
Qualidade	0.25016
Segurança	0.55632

Completed Comparison Copy to clipboard

Restore

Fonte: A autora (2019).

Figura 27 – Tela dos resultados de análise para definição dos pesos entre as alternativas quando comparadas em relação aos custos de manutenção.

The screenshot displays a software interface for network analysis. The main window title is "Main Network: ICC_Rafaela_Lima.sdm:ratings //". The interface is organized into several sections:

- 1. Choose:** Includes options for "Choose Node" (Custos de Manu...), "Choose Cluster" (Cluster: Criteria), and "Choose Cluster" (Alternatives).
- 2. Node comparisons with respect to Custos de Manutenção:** A comparison matrix showing pairwise comparisons between alternatives. The matrix is a 5x5 grid with values ranging from 1 to 9. The diagonal elements are all 1. The off-diagonal elements are symmetric. The text below the matrix states: "Comparisons wrt 'Custos de Manutenção' node in 'Alternatives' cluster Fluid Bed is moderately to strongly more important than Drum Mixer".
- 3. Results:** A bar chart and a table showing the results of the analysis. The bar chart shows the relative importance of each alternative. The table below it lists the alternatives and their corresponding values:

Alternative	Value
Drum Mixer	0.07398
Fluid Bed	0.26213
Nerak	0.49376
Peneira	0.04396
Ploughsha~	0.12617

At the bottom right, there are buttons for "Completed Comparison" and "Copy to clipboard".

Fonte: A autora (2019).

Figura 28 – Tela dos resultados de análise para definição dos pesos entre as alternativas quando comparadas em relação à eficiência.

File Design Computations Help

Main Network: ICC_Rafaela_Lima.sdmod: ratings //

Network

1. Choose

Node Cluster: Choose Node: Eficiência

Cluster: Criteria

Choose Cluster: Alternatives

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Comparisons wrt "Eficiência" node in "Alternatives" cluster

Fluid Bed is moderately more important than Drum Mixer

2. Node comparisons with respect to Eficiência

3. Results

Inconsistency: 0.00604

Drum Mixer	0.07997
Fluid Bed	0.24456
Nerak	0.45731
Peneira	0.13819
Ploughsha~	0.07997

Completed Comparison

Copy to clipboard

Restore

1. Drum Mixer >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

2. Drum Mixer >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

3. Drum Mixer >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

4. Drum Mixer >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

5. Fluid Bed >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

6. Fluid Bed >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

7. Fluid Bed >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

8. Nerak >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

9. Nerak >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

10. Peneira >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No com

Fonte: A autora (2019).

Figura 29 – Tela dos resultados de análise para definição dos pesos entre as alternativas quando comparadas em relação à produtividade.

Main Network: TCC_Rafaela_Lima.sdm: ratings

File Design Computations Help

Main Network: TCC_Rafaela_Lima.sdm: ratings //

Network

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Produtividade

Cluster: Criteria

Choose Cluster

Alternatives

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Produtividade" node in "Alternatives" cluster

Fluid Bed is moderately to strongly more important than Drum Mixer

2. Node comparisons with respect to Produtividade

3. Results

Inconsistency: 0.00222

Drum Mixer	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com	0.07595
Fluid Bed	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com	0.28770
Nerak	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com	0.48444
Peneira	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com	0.07595
Ploughsha~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com	0.07595

Completed Comparison

Copy to clipboard

Restore

Fonte: A autora (2019).

Figura 30 – Tela dos resultados de análise para definição dos pesos entre as alternativas quando comparadas em relação à qualidade.

Main Network: TCC_Rafaela_Lima.sdmod: ratings

Main Network: TCC_Rafaela_Lima.sdmod: ratings //

Network

1. Choose

Node Cluster: Choose Node

Qualidade

Cluster: Criteria

Choose Cluster

Alternatives

Restore

Judgments

2. Node comparisons with respect to Qualidade

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Comparisons wrt "Qualidade" node in "Alternatives" cluster

Fluid Bed is moderately more important than Drum Mixer

1. Drum Mixer	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
2. Drum Mixer	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
3. Drum Mixer	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
4. Drum Mixer	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
5. Fluid Bed	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
6. Fluid Bed	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
7. Fluid Bed	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
8. Nerak	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
9. Nerak	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
10. Peneira	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.01522

Drum Mixer	0.15782
Fluid Bed	0.41617
Nerak	0.05854
Peneira	0.09599
Ploughsha~	0.27147

Completed Comparison

Copy to clipboard

Fonte: A autora (2019).

Figura 31 – Tela dos resultados de análise para definição dos pesos entre as alternativas quando comparadas em relação à segurança.

Main Network: modelo TCC.sdmod: ratings //

File Design Computations Help

Network

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Segurança

Cluster: Criteria

Choose Cluster

Alternatives

Judgments

2. Node comparisons with respect to Segurança

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Segurança" node in "Alternatives" cluster

Fluid Bed is moderately more important than Drum Mixer

1. Drum Mixer	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
2. Drum Mixer	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
3. Drum Mixer	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
4. Drum Mixer	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
5. Fluid Bed	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
6. Fluid Bed	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
7. Fluid Bed	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
8. Nerak	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
9. Nerak	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com
10. Peneira	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No com

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.04037

Drum Mixer	0.06667
Fluid Bed	0.15900
Nerak	0.50320
Peneira	0.03129
Ploughsha-	0.23984

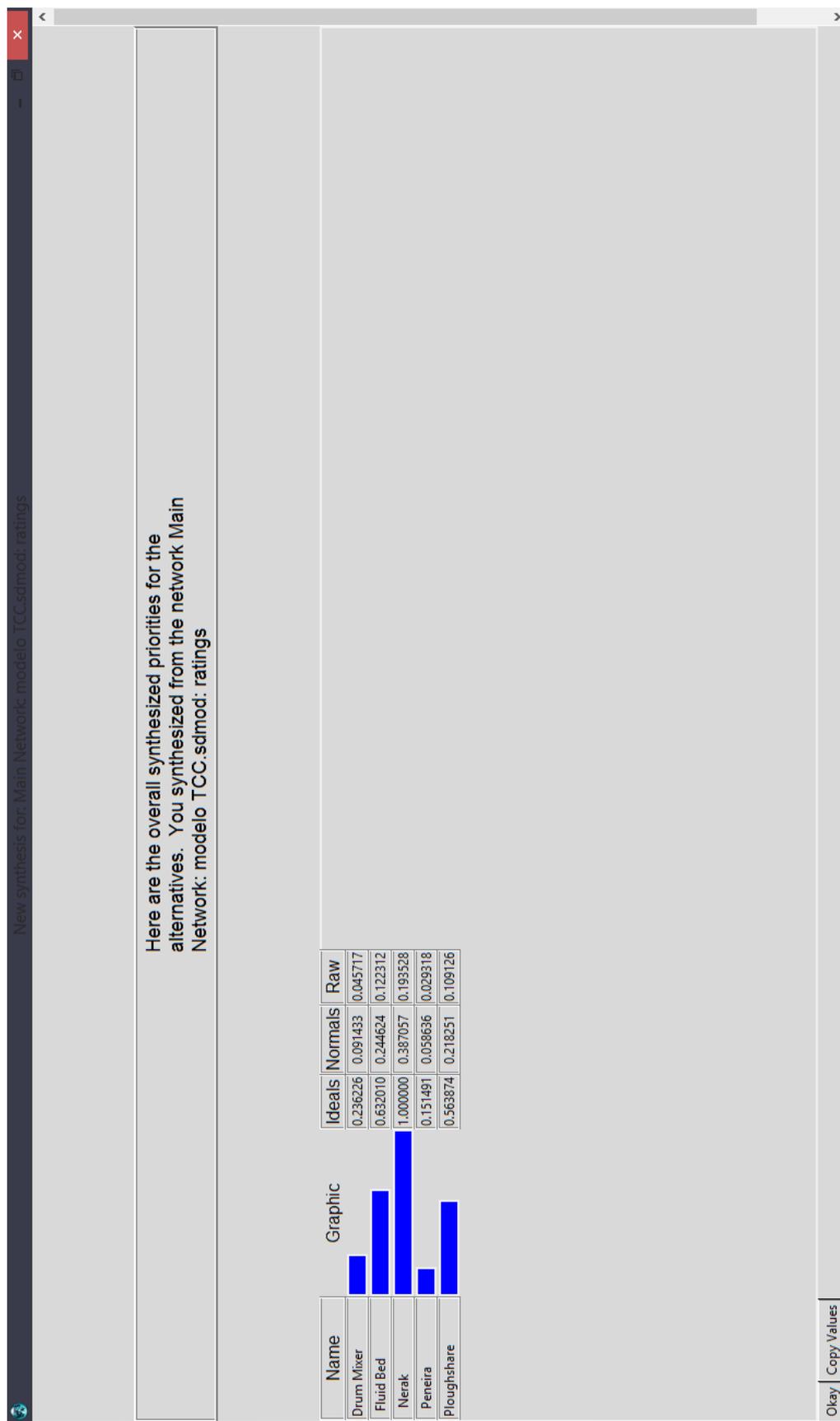
Completed Comparison

Copy to clipboard

Restore

Fonte: A autora (2019).

Figura 32 – Consolidado de todas as matrizes.



Fonte: A autora (2019).