



METODOLOGIA PARA A IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE POSSÍVEIS
PRECURSORES DE EVENTOS
SIGNIFICANTES OCORRIDOS EM INSTALAÇÕES NUCLEARES

Eliane Xavier Cavalcanti

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Orientador: Nelson Francisco Favilla Ebecken

Rio de Janeiro
Agosto de 2012

METODOLOGIA PARA A IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE POSSÍVEIS
PRECURSORES DE EVENTOS SIGNIFICANTES OCORRIDOS EM
INSTALAÇÕES NUCLEARES

Eliane Xavier Cavalcanti

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:

Prof. Nelson Francisco Favilla Ebecken, D. Sc.

Prof. Antonio Cesar Ferreira Guimarães, D. Sc.

Prof^a. Beatriz de Souza Leite Pires de Lima, D. Sc.

Prof. Luiz Biondi Neto, D. Sc.

Prof. Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2012

Cavalcanti, Eliane Xavier

Metodologia para a Identificação e Seleção de Possíveis Precursores de Eventos Significantes ocorridos em Instalações Nucleares / Eliane Xavier Cavalcanti. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XVI, 136 p.:il.;29,7 cm

Orientador: Nelson Francisco Favilla Ebecken

Tese (doutorado) - UFRJ/COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 121-132.

1. Mineração de Textos. 2. Experiência Operacional. 3. Apoio à Gestão Operacional. I. Ebecken, Nelson Francisco Favilla. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título

Este trabalho é dedicado a minha mãe Maria Helena Soares Xavier (in memoriam) e ao meu pai Alberto Xavier por tudo que eles representam para mim.

AGRADECIMENTOS

À DEUS por essa maravilhosa permissão.

Ao Professor Nelson Francisco Favilla Ebecken, por sua competência, disponibilidade e orientação.

Ao Professor Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo, por sua ajuda e incentivo.

Ao meu marido Sergio Luiz França Cavalcanti, que soube compreender a importância do tempo dedicado ao desenvolvimento desse trabalho, me incentivando durante todos os momentos.

Ao meu marido, meus filhos Jorge Felipe Xavier Cavalcanti e Leonardo Xavier Cavalcanti, minha neta Maria Eduarda Lyra Cavalcanti e minhas noras Talita Araújo e Nathália Andreozzi Cavalcanti por fazerem parte da minha vida.

Ao amigo Alexandre Gromann, que me orientou na escolha do tema e nos esclarecimentos para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao amigo Renato Alves da Fonseca, que muito me ajudou durante todo o desenvolvimento desse trabalho, validando-o, aconselhando-me e estando disponível sempre que eu necessitava de ajuda e mostrando possibilidades que viabilizaram a conclusão desse trabalho.

Aos amigos Sonia Maria Orlando Gibebe. e Julio.Cezar Rausch, por todo apoio e incentivo.

Aos amigos João Virgilio de Bastos Mello e Brandão, Carlos Roberto dos Santos Rocha, Teodora Marly Gama das Neves, Wilma Ramos Pinto e Lucia Helena Lopes Ladeira, por toda a ajuda nas pesquisas bibliográficas e de um modo geral em todo o trabalho.

Às amigas Fabiane Braga, Rosária Bittencourt, Deborah Alexander, Vera Dominguez e Estela Amaral por me incentivarem, me ouvirem e me ajudarem nos momentos em que a ansiedade e o cansaço me incomodavam.

À amiga Jane Eidelman, por todo apoio, incentivo e compreensão para a finalização desse trabalho.

Aos amigos da DISOL pelo convívio diário.

À CNEN, por facilitar o meu aperfeiçoamento profissional.

À Eletronuclear, pela permissão do uso dos dados que permitiram a validação da metodologia proposta.

“A vida é uma viagem de volta para casa.”

(Autor desconhecido)

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.SC.)

METODOLOGIA PARA A IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE POSSÍVEIS
PRECURSORES DE EVENTOS SIGNIFICANTES OCORRIDOS EM INSTALAÇÕES
NUCLEARES

Eliane Xavier Cavalcanti

Agosto/2012

Orientador: Nelson Francisco Favilla Ebecken

Programa: Engenharia Civil

Este trabalho apresenta uma metodologia de mineração de textos para a identificação e seleção de possíveis precursores de eventos significantes ocorridos em instalações nucleares. A análise textual é feita a partir da experiência operacional da instalação registrada nos relatórios dos eventos significantes RES e ORO ocorridos na usina nuclear Angra 1. Os possíveis precursores são classificados de acordo com uma classificação proposta pelo trabalho. São definidos indicadores relativos à frequência de ocorrência do possível precursor. Esta metodologia poderá ser utilizada por instalações que lidem com tecnologias complexas e sujeitas à situações de riscos. Um estudo de caso é utilizado para validar a metodologia e os resultados obtidos permitem concluir a sua viabilidade. Este trabalho pode apoiar melhorias na gestão operacional contribuindo com a diminuição da ocorrência dos eventos e conseqüentemente com a segurança da instalação.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

METHODOLOGY FOR IDENTIFYING AND SELECTING POSSIBLE
PRECURSORS OF SIGNIFICANT EVENTS OCCURRING
AT NUCLEAR FACILITIES

Eliane Xavier Cavalcanti

August/ 2012

Advisor: Nelson Francisco Favilla Ebecken

Department: Civil Engineering

This work presents a text mining methodology for identifying and selecting possible precursors of significant events occurring at nuclear facilities. The textual analysis is based on the operating experience of the installation recorded in the reports of significant events RES and ORO occurring at Angra 1 nuclear power plant. The possible precursors are classified according to a classification proposed by the work. Indicators are defined based on the frequency of occurrence of possible precursor. This methodology can be used by facilities that address complex technologies and are subject to risk situations. A case study is used to validate the methodology and results indicate the feasibility of the approach. This work may support improvements in the operational management of nuclear facilities contributing to a decrease in the occurrence of events and consequently to the safety of the installation.

Índice

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | Introdução | 1 |
| 1.1 | Motivação | 3 |
| 1.2 | Caracterização do Problema e sua Relevância | 7 |
| 1.3 | Hipótese | 8 |
| 1.4 | Objetivos..... | 9 |
| 1.4.1 | Objetivo Específico | 9 |
| 1.4.2 | Objetivos Gerais | 9 |
| 1.5 | Contribuições..... | 10 |
| 1.6 | Estrutura do Trabalho | 11 |
| 2 | Fundamentos Teóricos..... | 13 |
| 2.1 | Mineração de Textos | 13 |
| 2.1.1 | Pré-Processamento | 15 |
| 2.1.2 | Processamento | 17 |
| 2.1.2.1 | Tarefas do Processamento | 17 |
| 2.1.3 | Pós-Processamento | 19 |
| 2.2 | Redes Neurais | 20 |
| 2.3 | Redes Semânticas | 21 |
| 2.4 | Regras de Associação | 22 |
| 2.5 | A Operação em Usinas Nucleoelétricas | 27 |
| 2.5.1 | A Experiência Operacional..... | 27 |
| 2.5.2 | Eventos Significantes | 28 |
| 3 | Considerações para a Metodologia Proposta..... | 34 |
| 3.1 | O Software <i>TextAnalyst</i> | 34 |
| 3.1.1 | Definições Utilizadas pelo <i>TextAnalyst</i> | 38 |
| 3.2 | Classificação para os Possíveis Precursores | 40 |
| 4 | A Metodologia Proposta..... | 42 |
| 4.1 | Fases da Metodologia | 42 |
| 4.1.1 | Primeira Fase: Formatação dos Textos..... | 43 |
| 4.1.2 | Segunda Fase: Preparação do <i>Corpus</i> | 43 |
| 4.1.3 | Terceira Fase: Mineração de Textos..... | 43 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.3.1 Etapa 1: Pré-processamento | 44 |
| 4.1.3.2 Etapa 2: Processamento | 45 |
| 4.1.3.3 Etapa 3: Pós-Processamento | 45 |
| 5 Estudo de Caso | 47 |
| 5.1 Primeira Fase: Formatação dos Textos..... | 47 |
| 5.2 Segunda Fase: Preparação do <i>Corpus</i> | 48 |
| 5.3 Terceira Fase: Mineração de Textos..... | 48 |
| 5.3.1 Pré-Processamento do <i>Corpus</i> de Textos RES..... | 49 |
| 5.3.2 Processamento do <i>Corpus</i> dos Textos RES..... | 51 |
| 5.3.2 Pós-Processamento do <i>Corpus</i> dos Textos RES | 52 |
| 5.3.2.1 Análise e Validação do Conhecimento..... | 52 |
| 5.3.4 Pré-processamento do <i>Corpus</i> de Textos ORO..... | 75 |
| 5.3.5 Processamento do <i>Corpus</i> de Textos ORO | 77 |
| 5.3.6 Pós-Processamento do <i>Corpus</i> de Textos ORO | 78 |
| 5.3.6.1 Análise e Validação do Conhecimento..... | 78 |
| 6 Conclusões das Análises e Validações do Conhecimento..... | 106 |
| 7 Conclusões e Trabalhos Futuros..... | 116 |
| 7.1 Conclusões..... | 116 |
| 7.2 Trabalhos Futuros | 119 |
| Referências Bibliográficas..... | 121 |
| Anexo 1 – Exemplo de RES em formato (.pdf) | 133 |
| Anexo 2 – Exemplo de ORO em formato (.pdf) | 134 |
| Anexo 3 – Exemplo de RES formato (.txt) | 135 |
| Anexo 4 – Exemplo de ORO em formato (.txt) | 136 |

Índice de Figuras

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Etapas do processo de mineração de textos..... | 15 |
| Figura 2 | Rede Neural de Hopfield..... | 36 |
| Figura 3 | Representação dos “clusters” por diferentes tamanhos e formatos de Peixes | 37 |
| Figura 4 | Arquitetura da Metodologia Proposta..... | 42 |
| Figura 5 | Estrutura de Tópicos do <i>Corpus</i> de Textos RES..... | 49 |
| Figura 6 | Estrutura de Tópicos do <i>Corpus</i> de Textos RES exibindo relacionamentos do conceito “Alarme” | 50 |
| Figura 7 | Rede Semântica do <i>Corpus</i> de textos RES..... | 51 |
| Figura 8 | Busca semântica dos conceitos “Alarme” e “Falha” relacionados..... | 55 |
| Figura 9 | Exemplo de um resultado da busca semântica dos Conceitos “Alarme” relacionado com “Falha” | 55 |
| Figura 10 | Busca semântica dos conceitos “Bomba” e “Procedimento” relacionados...55 | |
| Figura 11 | Resultado da busca semântica dos Conceitos “Bomba” relacionado com “Procedimento” | 56 |
| Figura 12 | Rede Semântica dos conceitos “Alarme” e “Falha” relacionados..... | 57 |
| Figura 13 | Rede Semântica dos conceitos “Alarme” e “Incêndio” relacionados..... | 60 |
| Figura 14 | Rede Semântica dos conceitos “Alarme” e “CLO” relacionados..... | 63 |
| Figura 15 | Rede Semântica dos conceitos “Bomba” e “Válvula” relacionados..... | 66 |
| Figura 16 | Rede Semântica dos conceitos “Bomba” e “Motor” relacionados..... | 69 |
| Figura 17 | Rede Semântica dos conceitos “Bomba” e “Procedimento” relacionados.... | 72 |
| Figura 18 | Estrutura de Tópicos do <i>Corpus</i> de Textos ORO | 75 |
| Figura 19 | Estrutura de Tópicos do <i>Corpus</i> de Textos ORO exibindo relacionamentos do conceito “Desarme” | 76 |
| Figura 20 | Rede semântica do <i>Corpus</i> de textos ORO..... | 77 |
| Figura 21 | Rede semântica do <i>Corpus</i> de textos ORO..... | 78 |
| Figura 22 | Busca semântica dos conceitos “Reator” e “Desarme” relacionados..... | 82 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 23 | Exemplo de um resultado da busca semântica dos Conceitos “Reator” relacionado com “Desarme”..... | 82 |
| Figura 24 | Rede Semântica dos conceitos “Reator” e “Desarme” relacionados..... | 84 |
| Figura 25 | Rede Semântica dos conceitos “Reator” e “Desarme” relacionados (continuação)..... | 85 |
| Figura 26 | Rede Semântica dos conceitos “Reator” e “Potência” relacionados..... | 89 |
| Figura 27 | Rede Semântica dos conceitos “Reator” e “Potência” relacionados (continuação)..... | 90 |
| Figura 28 | Rede Semântica dos conceitos “Reator” e “Vapor” relacionados..... | 93 |
| Figura 29 | Rede Semântica dos conceitos “Procedimento” e “Manutenção” relacionados..... | 96 |
| Figura 30 | Rede Semântica dos conceitos “Procedimento” e “Manutenção” relacionados (continuação)..... | 97 |
| Figura 31 | Rede Semântica dos conceitos “Procedimento” e “Potência” relacionados..... | 100 |
| Figura 32 | Rede Semântica dos conceitos “Procedimento” e “Falha” relacionados ... | 103 |
| Figura 33 | Possíveis precursores comuns aos RES e ORO com “FOP ≥ 3 | 110 |

Índice de Tabelas

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabela 1 | Escala Internacional de Ocorrência Nuclear – INES..... | 31 |
| Tabela 2 | Dados para a Análise do Conceito “ <i>Alarme</i> ” em RES..... | 53 |
| Tabela 3 | Dados para Análise do Conceito “ <i>Bomba</i> ” em RES..... | 54 |
| Tabela 4 | Possíveis precursores de RES relacionados aos conceitos “ <i>Alarme</i> ” e “ <i>Falha</i> ”..... | 59 |
| Tabela 5 | Possíveis precursores de RES relacionados aos conceitos “ <i>Alarme</i> ” e “ <i>Incêndio</i> ”..... | 62 |
| Tabela 6 | Possíveis precursores de RES relacionados aos conceitos “ <i>Alarme</i> ” e “ <i>CLO</i> ”..... | 65 |
| Tabela 7 | Possíveis precursores de RES relacionados aos conceitos “ <i>Bomba</i> ” e “ <i>Válvula</i> ”..... | 68 |
| Tabela 8 | Possíveis precursores de RES relacionados aos conceitos “ <i>Bomba</i> ” e “ <i>Motor</i> ”..... | 71 |
| Tabela 9 | Possíveis precursores de RES relacionados aos conceitos “ <i>Bomba</i> ” e “ <i>Procedimento</i> ”..... | 74 |
| Tabela 10 | Dados para a Análise do Conceito “ <i>Reator</i> ” em ORO..... | 80 |
| Tabela 11 | Dados para a Análise do Conceito “ <i>Procedimento</i> ” em ORO..... | 81 |
| Tabela 12 | Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “ <i>Reator</i> ” e “ <i>Desarme</i> ”..... | 87 |
| Tabela 13 | Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “ <i>Reator</i> ” e “ <i>Potência</i> ”..... | 92 |
| Tabela 14 | Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “ <i>Reator</i> ” e “ <i>Vapor</i> ”..... | 95 |
| Tabela 15 | Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “ <i>Procedimento</i> ” e “ <i>Manutenção</i> ”..... | 99 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| Tabela 16 | Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “ <i>Procedimento</i> ” e “ <i>Potência</i> ” | 102 |
| Tabela 17 | Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “ <i>Procedimento</i> ” e “ <i>Falha</i> ” | 105 |
| Tabela 18 | Possíveis precursores selecionados de eventos RES..... | 107 |
| Tabela 19 | Possíveis precursores selecionados de eventos ORO | 108 |
| Tabela 20 | Possíveis precursores comuns aos eventos RES e ORO analisados | 109 |
| Tabela 21 | Conceitos relacionados semanticamente com “ <i>falha humana</i> ” | 111 |
| Tabela 22 | Conceitos relacionados semanticamente com “ <i>equipamento</i> ” | 111 |

Lista de Siglas

| | |
|-----------------|---|
| APS | Análise Probabilística de Segurança |
| BOW | Bag-of-Words |
| CLO | Condição Limite de Operação |
| CNEN | Comissão Nacional de Energia Nuclear |
| Co ₂ | Dióxido de Carbono |
| DM | Data Mining |
| ENU | Evento Não Usual |
| ETN | Eletronuclear |
| FOP | Frequência de Ocorrência do Precursor |
| GC | Gestão do Conhecimento |
| GRP | Grau de Recorrência do Precursor |
| IAEA | International Atomic Energy Agency |
| IDF | Inverse Document Frequency |
| INES | International Nuclear Event Scale |
| INPO | Institute of Nuclear Power Operators |
| KDD | Knowledge Discovery in Databases |
| KDT | Knowledge Discovery from Textual databases |
| MT | Mineração de Textos |
| ORO | Ocorrência de Relato Obrigatório |
| PDF | Portable Document Format |
| PEE/RJ | Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro |
| PEL | Plano de Emergência Local |
| PLN | Processamento de Linguagem Natural |
| POS | Part of Speech |
| RES | Relatório de Evento Significante |
| RFAS | Relatório Final de Análise de Segurança |
| SICA | Sistema Integrado de Computadores de Angra |
| SIPRON | Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro |

| | |
|------|---|
| TA | TextAnalist - Software de Mineração de Textos |
| TF | Term Frequency |
| TM | Text Mining |
| TXT | Extensão de Arquivo Texto Comum |
| WANO | World Association of Nuclear Operators |

1 Introdução

Com a crescente quantidade de informação textual, o trabalho de identificação e descoberta de informação útil se tornou uma tarefa onerosa que consome muito tempo de consultores e especialistas. A busca por informação com valor agregado se tornou uma necessidade, pois pode ser utilizada como apoio à gestão organizacional.

Com isso, o processo manual de avaliação de conteúdos textuais torna-se humanamente difícil de ser realizado e resultando em uma visão limitada do conteúdo dos textos. Portanto, se torna necessário um ambiente que contemple um conjunto de técnicas e ferramentas computacionais que avaliem o conteúdo dos textos e retorne resultados que permitam a descoberta de informações explícitas e/ou implícitas¹ aos textos.

A descoberta de informações também chamada de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados estruturados (*Knowledge Discovery in Databases - KDD*) utiliza um conjunto de técnicas inteligentes² para a extração de informações indisponíveis diretamente. Uma das etapas, denominada de mineração de dados (*Data Mining - DM*), tem como objetivo encontrar padrões, regras de associação, seqüências temporais, classificar e agrupar dados.

A descoberta de informações em base de dados não estruturados (textos) chamada de Descoberta de Conhecimento Textual (*Knowledge Discovery in Text – KDT*), inspirada no KDD, também utiliza técnicas inteligentes para a extração de informações e possui uma etapa denominada mineração de textos (*Text Mining -TM*) (FELDMAN e SANGER, 2007).

¹ **Informação implícita:** é aquela que é relevante no documento, porém não aparece de maneira explícita.

² **Técnicas Inteligentes:** São técnicas pertencentes à área da **Inteligência Artificial (IA)**.

Segundo (TAN. Ah-Hwee, 1999), a mineração de textos é possuidora de “*um potencial comercial maior que a mineração de dados estruturada*” uma vez que “*a forma mais natural de se armazenar informação seria através de textos*” e que 80% das informações de uma companhia estão presentes em documentos textuais.

(FELDMAN e SANGER, 2007) comentam que a análise de documentos textuais a partir de técnicas inteligentes baseadas em aprendizagem de máquina³ e algoritmos heurísticos⁴, na busca de soluções de representação da linguagem natural, vêm se tornando cada vez mais frequentes e desejáveis.

Desse modo, a descoberta de conhecimento em bases de dados textuais poderá resultar em informações, com valores agregados, fundamentais no apoio à decisões estratégicas para as organizações.

³ **Aprendizagem de máquina:** é um sub-campo da **Inteligência Artificial** dedicado ao desenvolvimento de algoritmos e técnicas que permitam ao computador aprender, isto é, que permitam ao computador aperfeiçoar seu desempenho em alguma tarefa. Enquanto que na **Inteligência Artificial** existem dois tipos de raciocínio: o indutivo, que extrai regras e padrões de grandes conjuntos de dados, e o dedutivo. A aprendizagem de máquina só se preocupa com o indutivo.

⁴ **Algoritmo Heurístico:** são aqueles que não apresentam garantia de determinação da solução ótima para o problema estudado. Os métodos aproximativos podem se enquadrar nesta categoria, acrescentando-se que, para estes casos, são conhecidas propriedades com garantia do pior caso. Entretanto, nem todo algoritmo heurístico é aproximativo, ou seja, nem toda heurística tem uma razão de qualidade comprovada matematicamente ou prova formal de convergência, ou seja a heurística é um conjunto de regras e métodos que conduzem à descoberta, à invenção e à resolução de problemas.

1.1 Motivação

As usinas nucleares brasileiras, Angra 1 e Angra 2, são instalações nucleares geradoras de energia elétrica que possuem sistemas de segurança redundantes, independentes e fisicamente separados, cujo objetivo é prevenir acidentes. Na possibilidade de desligamento do reator, devido a “Desvios Operacionais⁵”, os sistemas de segurança entram automaticamente em ação para impedir estas condições operacionais. Além de todos esses sistemas, as usinas nucleares de Angra 1 e Angra 2 possuem sistemas passivos de segurança, que funcionam sem que precisem ser acionados por dispositivos internos. Esses sistemas passivos de segurança são compostos de múltiplas barreiras físicas protetoras:

- primeira barreira: absorção dos produtos de fissão pelo próprio combustível;
- segunda barreira: revestimento da vareta de combustível;
- terceira barreira: vaso do reator e circuito primário;
- quarta barreira: contenção de aço;
- quinta barreira: edifício de contenção que serve para impedir a saída de material radioativo para o meio ambiente.

As usinas nucleares são projetadas, construídas e operadas com os mais elevados padrões de qualidade e condições de alta confiabilidade. No Brasil, as usinas nucleares são operadas pela Eletrobrás Eletronuclear (ETN) e licenciadas pelo órgão regulador, Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), obedecendo de forma rigorosa à legislação nuclear e ambiental vigente no país. Também são periodicamente avaliadas por organismos internacionais como *International Atomic Energy Agency (IAEA)*, *World Association of Nuclear Operators (WANO)* e *Institute of Nuclear Power Operators (INPO)*.

⁵ **Desvio operacional:** caracteriza um evento que pode comprometer a segurança da usina nuclear.

De acordo com o procedimento do Relatório de Operação da Usina-PA-GE 05 (ELETRONUCLEAR, 2005), o órgão regulador (CNEN) exige que os desvios operacionais ocorridos nas usinas nucleares Angra 1 e Angra 2 sejam informados em relatórios de operação da usina. Os desvios operacionais considerados como indesejáveis, inesperados ou não programados podem ser classificados, após análise preliminar, como “Evento Significante” e, neste caso, devem ser relatados através do Relatório de Evento Significante (RES) .

A CNEN possui normas que devem ser seguidas pelas usinas nucleares durante todos os procedimentos operacionais. A Norma (CNEN-NN-1.14, 2002), especifica que um RES enquadrado nas classes do item 6.2, (Classificação de Eventos), ou considerados pela superintendência da usina nuclear como relevante para a segurança, item 6.1.2, passa a ter a classificação de Ocorrência de Relato Obrigatório (ORO). Um ORO deve ser submetido à CNEN num prazo máximo de 30 dias e uma análise suplementar deve ser realizada para a identificação da causa raiz, bem como, as conseqüências reais ou potenciais que envolvam a segurança da planta e do trabalhador e a recorrência de eventos passados, considerados importantes, conforme Investigação e Análise Suplementar de Eventos PA-GE 55. (ELETRONUCLEAR, 2005).

As autoridades reguladoras dedicam muita atenção à prevenção e análise dos eventos ocorridos durante a operação das instalações nucleares, pois eles podem impactar a segurança e a confiabilidade da planta. A adequada gestão de eventos significantes deve permitir a análise e a investigação do evento, a determinação de suas causas, a revisão e a atualização de procedimentos operacionais ou de manutenção e de medidas corretivas, e também a identificação dos possíveis precursores dos eventos.

A área nuclear tem recebido contribuições relevantes para a gestão operacional e a segurança da planta através de pesquisas envolvendo a experiência operacional⁶ da instalação. (FONSECA, 2009) propõe um estudo para a inserção da experiência operacional como ferramenta de suporte no plano de treinamento de usinas nucleares e (PINTO, 2007) propõe a aplicação da mineração de textos e gestão do conhecimento na experiência operacional em geração de energia nuclear. Esse trabalho propõe o desenvolvimento de uma metodologia de mineração de textos para analisar os eventos RES e ORO ocorridos na usina nuclear Angra 1, os quais registram a experiência operacional em linguagem natural, e identificar e selecionar possíveis precursores, fatores ou influências que tornaram provável a ocorrência do evento, de forma explícita ou implícita. Além disso, mostrar informações relacionadas com a recorrência dos eventos a fim de subsidiar a gestão do conhecimento nuclear e a tomada de decisão na diminuição da recorrência do evento e, conseqüentemente, subsidiar melhorias de segurança da planta.

A experiência operacional permite um entendimento geral sobre um conjunto de atributos que uma usina nuclear deve ter para que opere de forma segura. É, portanto, um desafio atual, medir tais atributos. Desafio este que faz surgir os chamados indicadores de desempenho e segurança (WANO, 2010)⁷ como índices para monitorar, medir e avaliar esses atributos, possibilitando à gerência da usina, analisar o andamento das atividades e direcionar as tomadas de decisão, no que diz respeito ao seu planejamento estratégico. A AIEA, desde 1995, vem direcionando espaço, na elaboração de estruturas para um programa de indicadores de desempenho de segurança operacional e, nesse contexto diversos trabalhos vêm sendo publicados pela Agência.

⁶ **Experiência Operacional:** a experiência operacional de uma usina nucleoeletrica é construída por informações técnicas relacionadas à sua operação.

⁷ http://www.wano.info/wp-content/uploads/2011/08/PI_2010_TriFold-v5-combined1.pdf

Alguns países possuem atividades de gestão do conhecimento⁸ nuclear de maneira sistemática, através de sistemas e ferramentas computacionais. O conhecimento nuclear pode fornecer subsídios para apoiar decisões relativas à segurança de operação da planta, para o descomissionamento⁹, para o tratamento do rejeito nuclear, e além disso, contribuir para o aumento de aplicações na medicina, na agricultura e na indústria.

Segundo (OLIVEIRA, 2002), desde 2001 a Gerência de Engenharia de Apoio da Eletronuclear vem trabalhando em um projeto de Gestão do Conhecimento (GC). O projeto objetiva assegurar o gerenciamento do conhecimento nuclear para subsidiar a segurança, encorajar a inovação, criar benefícios da energia nuclear relacionados com a saúde humana, alimentos e agricultura, tratamento da água, suprimento de energia elétrica, e uma gama de outras aplicações.

A gestão do conhecimento nuclear envolve produção, acesso, uso e recuperação de informações que estão embutidas em pesquisas científicas, estudos e análises de diversas especialidades da engenharia, documentação de projetos, informações de operação, registros de manutenção, inspeções reguladoras e outros diversos documentos relativos à informação técnica e à experiência operacional. Tudo isso envolve a cognição e a expertise das pessoas que trabalham com tais conhecimentos e que são capazes de fazer uso adequado desses objetos de informação, produzindo novos conhecimentos e aplicando-os nos processos de operação da instalação.

(RINTALA e KURONEN, 2006) comentam a importância do compartilhamento de conhecimento tácito¹⁰, especialmente com a amplitude e a complexidade da operação das plantas nucleares. Portanto, é necessário adotar métodos de compartilhamento de conhecimento tácito para preservar o conhecimento nuclear ao longo do tempo.

⁸ **Gestão do Conhecimento:** Segundo [Davenport & Prusak ,2001] a Gestão do Conhecimento pode ser vista como uma coleção de processos que governa a criação, disseminação e utilização do conhecimento para atingir plenamente os objetivos da organização.

⁹ **Descomissionamento:** - ações técnicas e administrativas destinadas à liberação de uma instalação do controle regulatório.

¹⁰ **Conhecimento Tácito:** é aquele que o indivíduo adquiriu ao longo da vida, pela experiência.

1.2 Caracterização do Problema e sua Relevância

As usinas nucleares são instalações capazes de gerar energia elétrica e atualmente são destaque no cenário mundial energético, apesar da sociedade preocupar-se com os possíveis acidentes. Acidentes industriais estão relacionados com a segurança e com a confiabilidade operacional da instalação.

Um desvio operacional pode ser desencadeado por uma grande diversidade de razões e para as quais, as instalações nucleares, necessitam estar preparadas para dar uma resposta de modo a evitar sua recorrência. Constituindo assim, um desafio para as instalações nucleares e seus respectivos sistemas de segurança.

As organizações que lidam com tecnologias complexas, como as instalações nucleares, necessitam de sistemas de auxílio à gestão de riscos que possam subsidiar a gestão de eventos significantes a fim de auxiliar e gerar conhecimento sobre a segurança da organização. Os relatórios RES e ORO registram uma grande quantidade de informações sobre a experiência operacional da organização de modo que se essas informações forem analisadas por uma ótica retrospectiva poderão ser identificadas associações, relações e padrões de “falhas” (humanas, técnicas, de projeto ou organizacionais) que contribuíram para a ocorrência do evento. Essas associações, relações e padrões poderão identificar possíveis precursores do evento significativo, e representar um conhecimento operacional a mais sobre os eventos. A aplicação deste conhecimento operacional poderá evitar a repetição do evento e também fornecer subsídios para a melhoria operacional da organização.

Segundo, (NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, 2000) a experiência operacional de uma planta é um elemento que muito contribui para a segurança de uma instalação nuclear. As informações sobre os eventos ocorridos possibilitam a avaliação de tendências e padrões da experiência operacional, a monitoração do desempenho e a identificação dos precursores de eventos mais significativos.

Vários estudos tratam as questões de operação das plantas nucleares, utilizando informações sobre a instrumentação a fim de conhecer suas interações e redundâncias para um correto funcionamento dos procedimentos operacionais da planta. As manutenções preventivas e preditivas da instrumentação nuclear obtêm informações não apenas de problemas de mau funcionamento, mas também do grau de degradação de instrumentos e de sistemas relacionados com a operação da planta. (PALOMO *et al*, 2009)

Esse trabalho tem um aspecto relevante, que é a geração de conhecimento de modo a subsidiar o gerenciamento da usina nuclear Angra 1 através de técnicas de mineração de textos para analisar os eventos RES e ORO, possibilitando melhorias nos procedimentos operacionais (manutenção e testes) e em suas respectivas medidas corretivas, para mitigar a recorrência do evento .

1.3 Hipótese

Por meio de uma investigação que analise a experiência operacional de uma usina nuclear, registrada em relatórios de eventos significantes, é possível identificar e selecionar possíveis precursores dos eventos de forma a gerar conhecimento para subsidiar a gestão operacional e organizacional da planta.

O ambiente resultante deve ser suscetível de aplicação em instalações que lide com tecnologias complexas, as quais estão sujeitas à ocorrência de eventos que podem comprometer a segurança da instalação.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Específico

Esse trabalho objetiva desenvolver e validar uma metodologia de mineração de textos, utilizando técnicas inteligentes, para análise e identificação de padrões, de regras de associação, de classes e agrupamentos de dados, e de tendências advindas dos eventos significantes ocorridos na Usina Nuclear Angra 1. A análise será feita a partir de textos extraídos dos relatórios dos eventos RES e ORO com o objetivo de gerar conhecimento, resultante da experiência operacional, a fim de auxiliar a gestão operacional e organizacional da instalação na diminuição da recorrência do evento significativo, e consequentemente na melhoria da segurança da planta.

1.4.2 Objetivos Gerais

A metodologia de mineração de textos proposta deverá ser capaz de analisar os eventos significantes (RES e ORO), identificar e selecionar os possíveis precursores e gerar conhecimento para subsidiar a gestão de riscos através da:

- identificação de possíveis precursores dos eventos;
- identificação da frequência de ocorrência dos possíveis precursores dos eventos;
- análise das associações relevantes, explícitas e/ou implícitas, entre os possíveis precursores recorrentes e não recorrentes;
- seleção dos possíveis precursores dos eventos;
- geração de conhecimento sobre os possíveis precursores dos eventos;
- representação do conhecimento obtido através de ferramentas de visualização.

1.5 Contribuições

As contribuições desse trabalho visam apoiar a gestão da ocorrência de eventos significantes através:

- do desenvolvimento de uma metodologia de mineração de textos para subsidiar a gestão operacional e organizacional de uma instalação nuclear;
- da identificação de possíveis precursores a partir de eventos significantes ocorridos na usina nuclear Angra 1, utilizando técnicas inteligentes;
- da geração de conhecimento baseado na experiência operacional da usina nuclear Angra 1, para subsidiar a gestão de riscos e a tomada de decisões na operação da usina nuclear Angra 1;
- possibilidade da aplicação do conhecimento gerado para a diminuição da recorrência dos eventos significantes e conseqüentemente aumentar a segurança da planta;
- propor indicadores relevantes para o gerenciamento operacional da planta a partir da identificação dos possíveis precursores:

FOP – Frequência de Ocorrência do Precursor: número de vezes que o precursor aparece em eventos RES e/ou ORO;

GRP – Grau de Recorrência do Precursor:

GRP = 0 se FOP = 1, (não houve recorrência do precursor);

GRP = 1 se FOP = 2, (houve apenas uma recorrência do precursor);

GRP = 2 se FOP \geq 3, (houve duas ou mais recorrências do precursor).

Considerando a FOP ≥ 3 , tem-se que o precursor ocorreu no mínimo em três eventos significantes. Isso mostra que já deveria ter sido tratado para minimizar a sua recorrência. Logo, esse trabalho está considerando que um GRP = 2 é um indicador considerável para apoiar a gestão operacional na diminuição da recorrência de eventos.

1.6 Estrutura do Trabalho

O desdobramento da tese buscou contemplar o atendimento e a resposta às proposições enunciadas nos itens 1.2, 1.3 e 1.4.

O Capítulo 2 - Fundamentos Teóricos - apresenta os principais conceitos e definições relacionados à: mineração de textos, redes neurais, redes semânticas, regras de associação e a operação em usinas nucleoeletricas.

O Capítulo 3 – Considerações para a Metodologia Proposta - apresenta considerações importantes para a aplicação da metodologia proposta: uma ferramenta computacional de mineração de textos e uma classificação para os possíveis precursores identificados.

O Capítulo 4 – A Metodologia Proposta - apresenta a metodologia de mineração de textos que tem como objetivo a descoberta de conhecimento em bases de textos de modo que auxilie a identificação e seleção de possíveis precursores de eventos significantes ocorridos na usina nuclear Angra 1 e descritos em Relatórios de Eventos Significantes (RES) e em Ocorrências de Relatos Obrigatórios (ORO).

O Capítulo 5 – Estudo de Caso - apresenta o estudo de caso que objetiva validar a metodologia de mineração de texto proposta no capítulo 4, para a identificação e seleção de possíveis precursores de eventos significantes.

O Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros - apresenta as conclusões sobre os resultados da pesquisa de tese e as recomendações para seu desdobramento em possíveis trabalhos futuros.

2 Fundamentos Teóricos

2.1 Mineração de Textos

A metodologia de Mineração de Textos (MT), conhecida como *Text Mining* surgiu em razão da demanda para o tratamento de informações textuais, escritas em linguagem natural¹¹ não estruturada, possibilitando que se encontrem padrões e tendências em conjuntos de documentos, realizar a classificação de documentos ou ainda comparar documentos. A MT é o resultado da intersecção de várias áreas de pesquisa, tais como: Recuperação de Informação, o Processamento de Linguagem Natural (PLN), que lida com a análise morfossintática¹² do texto, a Extração de Informação que visa extrair conceitos pré-definidos do texto e a Mineração de Dados, auxiliando na extração de informação útil em uma coleção de textos. Segundo (FELDMAN e SANGER, 2007) a Mineração de Textos é “um processo que visa extrair informação útil de um volume de documentos através da identificação e exploração de certos padrões não triviais”. Devido a sua natureza não estruturada, o processo de mineração de textos é uma tarefa que exige um tratamento distinto do processo de mineração de dados em geral.

A MT destina-se a verificar, analisar, classificar e inferir informações sobre documentos ou coleções de textos e propiciar os meios para a utilização de técnicas inteligentes na descoberta de conhecimento. Tais documentos podem ser analisados de forma individual ou coletiva, com o intuito de inferir padrões entre eles ou classificá-los em grupos de interesse comum (FIGUEREDO, 2008).

¹¹ **Linguagem Natural:** é qualquer linguagem desenvolvida pelo ser humano para a comunicação.

¹² **Análise Morfossintática:** estuda os aspectos morfológicos e sintáticos dos termos de uma oração, além de relacioná-los entre si.

(KONCHADY, 2006), comenta o Processamento de Linguagem Natural (PLN)¹³ e o uso de ferramentas para analisar e sintetizar textos, sem necessariamente se conhecer o conteúdo dos textos. (Di FELIPPO, 2008), (MONTEIRO, 2006), (SILVA, 2005) abordam a utilização de métodos de análise gramatical para o entendimento de textos, embora as regras gramaticais mudem e novas regras surjam ao longo do uso da linguagem. Comentam também, alguns problemas do PLN como a possibilidade do uso de sentenças incorretas gramaticalmente e o uso de fragmentos de textos, os quais inviabilizam uma análise gramatical correta, e a polissemia que é a propriedade de uma mesma palavra poder ter diferentes significados no texto, que não é obvio na sentença. Além disso, mais de uma palavra pode ser usada para expressar o mesmo significado. Um dos projetos de desenvolvimento de PLN para o português brasileiro é a *WordNet.BR* construída nos moldes da *WordNet* de Princeton. Atualmente, a *WordNet.Br* prevê a inclusão de estrutura argumentativa e de esquemas de subcategorização dos adjetivos na sua base de dados.

Logo, a implementação de *wordnets* para diferentes línguas deve contemplar as particularidades de cada língua para o processamento de linguagem natural. Portanto, a descoberta de conhecimento em textos apresenta-se como uma tarefa mais complexa do que a KDD. Analisar textos envolve o tratamento de informações ambíguas e imprecisas, e por este motivo utiliza modelos computacionais que necessitam de grande intervenção humana. Em geral, pode-se dividir o processo de mineração de textos em três etapas: pré-processamento, processamento ou mineração e pós-processamento. A figura 1 ilustra as etapas do processo de mineração de textos.

¹³ **Processamento de Linguagem Natural:** é uma subárea da inteligência artificial e da lingüística que estuda os problemas da geração e compreensão automática de línguas humanas naturais. A *WordNet* de Princeton é uma base de dados lexica do Inglês. Contem substantivos, verbos, adjetivos e advérbios agrupados em conjuntos de sinônimos cognitivos (*synsets*), cada um expressando um conceito distinto. Os *synsets* estão interligados por meio de relações conceituais-semânticas e lexicais. A *WordNet* está disponível para download, e é uma ferramenta útil para a lingüística computacional e utilizada no processamento de linguagem natural. [FELLBAUM, 1998]

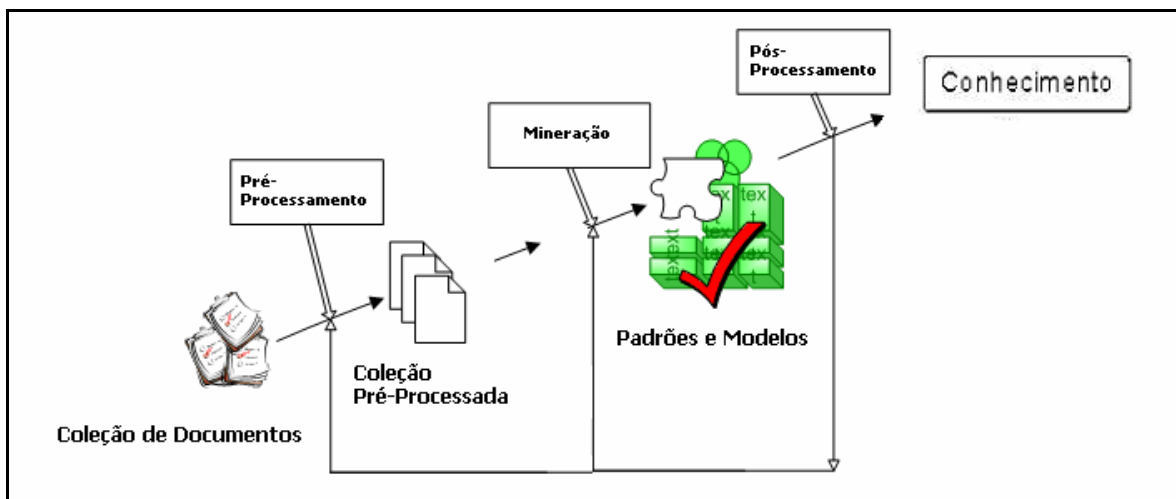


Figura 1: Etapas do processo de mineração de textos.

Esse estudo utilizou documentos escritos em linguagem natural, o português, o que possibilitou a verificação de alguns dos problemas do processamento da linguagem natural citados por (KONCHADY, 2006) e propôs uma formatação adequada para a etapa do pré-processamento dos textos dos relatórios RES e ORO.

2.1.1 Pré-Processamento

A etapa de pré-processamento possui um conjunto de atividades preparatórias a qual utiliza algoritmos de naturezas diferentes, mas com objetivos em comum: diminuir a quantidade de dados a ser processada, diminuir a ambiguidade das expressões linguísticas e estruturar as informações. Os algoritmos que tratam os documentos textuais se baseiam no processamento palavra a palavra, logo, diminuindo-se a quantidade de elementos diminui-se diretamente o tempo de execução das estruturas de controle desses algoritmos utilizando-se os eliminadores de palavras (*stopwords*¹⁴) e filtros em geral. A diminuição da

¹⁴ **Stopword:** são palavras que podem ser eliminadas, pois possuem um papel essencialmente funcional nos textos como: artigos, preposições, conjunções, etc...

ambigüidade tem como objetivo evitar o tratamento computacional de termos com o mesmo sentido lingüístico. A ambiguidade é uma característica das linguagens naturais e pode ser minimizada com o auxílio de thesaurus¹⁵ e dicionários, e a utilização de lematizadores¹⁶, radicalizadores (stemming)¹⁷ e corretores ortográficos (FELDMAN e SANGER, 2007).

O processo de estruturação visa criar uma representação numérica de fácil implantação computacional, semelhante a uma tabela, também chamada de “bolsa de palavras” ou *Bag-of-Words*¹⁸ (BOW), onde o número de registros seria igual ao número de documentos, a quantidade de atributos seria igual ao número de palavras presentes nos documentos e uma linha da BOW contendo as frequências das palavras de um documento. Nesse contexto são utilizadas as medidas: frequência das palavras nos documento ou *Term Frequency* (TF) e a frequência inversa do documento ou *Inverse Document Frequency* (IDF). Uma das características dessa estratégia de estruturação, é que se podem utilizar os valores TF para verificar a importância dos termos nos documentos. Termos mais freqüentes podem representar conceitos importantes associados ao tema principal do texto. Através da métrica TF-IDF a pontuação de um termo é feita levando-se em conta a sua frequência no documento e em todos os outros documentos da coleção de documentos em análise. A interpretação simplificada dessa estratégia é que quando uma palavra ocorre com elevada frequência na coleção, ela é considerada menos importante e quando ocorre freqüentemente em poucos documentos, sua medida TF-IDF tende a ser maior e, conseqüentemente, pode representar um termo importante. A medida TF-IDF definida como F é calculada de acordo com a equação (1.1):

¹⁵ **Thesaurus:** também conhecido como dicionário de idéias afins. É uma lista de palavras com significados semelhantes, dentro de um domínio específico de conhecimento.

¹⁶ **Lematizador:** reduz uma palavra ao seu radical comum.

¹⁷ **Stemming :** é o processo de redução de formas diferentes de uma palavra em uma representação única. É utilizado em contextos de Recuperação de Informação (RI).

¹⁸ **Bag-of-Words (BOW):** é a técnica que considera o documento como um saco de palavras não importando a ordem em que as palavras aparecem no texto, utilizando regras produzidas manualmente e dicionário local ou global.

$$F_{(j,d)} = TF_{(j,d)} \times IDF_{(j)} \quad (1.1)$$

onde $F_{(j,d)}$ é a frequência da palavra j no documento d e o parâmetro $IDF_{(j)}$ associado à palavra j , é o número de documentos em que a palavra j ocorre ao menos uma vez na coleção de documentos (TAN, Ah-Hwee, 1999).

Nesse estudo, a etapa do pré-processamento tem como uma das atividades preparatórias a formatação dos textos, RES e ORO, em um formato adequado para a ferramenta computacional. Um dos objetivos da formatação é preparar os textos para a utilização do stemming, de modo a minimizar as possíveis ambigüidades encontradas no uso da linguagem natural.

2.1.2 Processamento

A etapa de processamento ou mineração tem como objetivo a busca de informações relevantes e a descoberta de conhecimentos significativos a partir de documentos textuais. Este processo envolve um grau de dificuldade significativo considerando que as informações normalmente estão disponíveis em linguagem natural, sem a preocupação com a padronização ou com a estruturação dos dados.

2.1.2.1 Tarefas do Processamento

- *medida de similaridade*, avalia o quanto dois documentos (d_i e d_j) representados por vetores de frequência (F_i e F_j) obtidos pela medida TF-IDF_(i,d) estão próximos. Em geral o resultado é um número real pertencente ao intervalo fechado [0,1] onde, (0) indica documentos totalmente diferentes e (1) documentos iguais (SHALOM *et al*, 2004).

- *classificação de documentos* é uma tarefa que busca associar documentos de uma coleção a uma ou mais categorias, baseando-se no conteúdo de cada documento e sua relação com essas categorias. Pode ser realizada de forma supervisionada, onde um mecanismo externo ao sistema ou intervenção humana participa do processo de classificação corrigindo possíveis problemas ou orientando o processo como um todo, ou ainda de maneira não-supervisionada, onde nenhuma informação externa é utilizada para identificação das classes dos documentos. Uma amostra é selecionada, os dados estão organizados em um formato estruturado, e cada exemplo é avaliado da mesma maneira. A resposta é expressa em termos booleanos e a solução é uma função f que mapeia exemplos para rótulos, $f: w \rightarrow L$, onde w é um vetor de atributos e L é um rótulo que identifica uma classe. (SHALOM *et al*, 2004).

Tradicionalmente, os classificadores de textos são utilizados para identificar a categoria de um texto. Classificadores de texto tratam cada texto como uma unidade de classificação única e atribuem uma ou mais categorias a esse texto. No entanto, um texto pode conter detalhes de informações cujo conteúdo difere da categoria atribuída a esse texto por um classificador (FELDMAN e SANGER, 2007).

Para a classificação de textos a técnica Máquina Vetor de Suporte¹⁹ - (SVM) é a mais utilizada segundo (FELDMAN e SANGER, 2007), pois tem mostrado os melhores resultados. Utiliza uma função chamada de “kernel”²⁰ para mapear o espaço de dados não linearmente separados em um novo espaço de dados no qual eles são linearmente separados.

(ZAGHLOUL, 2009) cita a comparação do desempenho das Redes Neurais - NNs e das Máquinas Vetor de Suporte - SVM como classificadores de textos. Apesar de o

¹⁹ **Máquina de Vetor de Suporte (SVM):** é um conceito na ciência da computação para um conjunto de métodos do aprendizado supervisionado que analisam os dados e reconhecem padrões, usado para classificação e análise de regressão. O SVM padrão toma como entrada um conjunto de dados e prediz, para cada entrada dada de qual de duas possíveis classes a entrada faz parte, o que faz do SVM um classificador linear binário não probabilístico.

²⁰ **Kernel:** é uma classe de algoritmos de aprendizagem utilizada no SVM. A classe de métodos do kernel define uma classe de padrões possíveis através de semelhanças entre os dados.

classificador SVM ser considerado o melhor classificador para textos, a referência concluiu que as NNs são classificadores tão eficientes quanto as SVMs e sugerem uma formatação apropriada para a classificação dos documentos de textos utilizando NNs.

- **agrupamento de documentos**, analisa palavras, ou agrupamentos de palavras, ou mesmo documentos de textos entre si através das suas similaridades ou de suas relações com outras variáveis de interesse. O agrupamento de documentos, também chamado de *clusterização*, é usado para agrupar documentos em subgrupos ou *clusters*, de tal forma que elementos em um agrupamento compartilhem um conjunto de propriedades comuns que os distinguem dos elementos de outros agrupamentos. O objetivo desta tarefa é maximizar similaridades internas aos agrupamentos e minimizar similaridades externas aos agrupamentos. Diferente da classificação que tem rótulos predefinidos, a tarefa de agrupamento precisa automaticamente identificar os rótulos, e por esta razão, também é denominada de indução não supervisionada ou aprendizado não supervisionado. Os métodos de agrupamento mais conhecidos e utilizados são os métodos por particionamento e os métodos hierárquicos. Por trás dessas técnicas resumem-se dois princípios: começar com cada documento em seu próprio grupo, e ir quebrando os grupos de documentos até o número de partições adequado (*bottom-up clustering*), e declarar previamente o número de partições que se deseja, e ir nomeando documentos para as partições (*top-down clustering*) (SHALOM *et al*, 2004).

Nesse estudo, a ferramenta computacional na etapa de processamento utiliza recursos e algoritmos de: similaridade, agrupamento, rede neural e rede semântica para a geração da base de conhecimento sobre os RES e ORO.

2.1.3 Pós-Processamento

A mineração de textos não produz, como parte dos resultados, informações de natureza estatística que permitam ao usuário identificar a qualidade dos resultados. Analisar o

conhecimento descoberto pelo modelo a partir dos resultados obtidos pelo processamento dos textos depende principalmente da natureza do problema (FELDMAN e SANGER, 2007).

Nos casos onde não é possível identificar um conhecimento a priori, o pós-processamento para ajuste do modelo resume-se a atividades de visualização e validação externa feitas por um especialista do domínio. As análises comparativas são realizadas em função de modelos essencialmente diferentes, mas com objetivos analíticos comuns ao problema de mineração de textos que se quer validar (FREITAS, 1999).

A análise e a validação do conhecimento descoberto pelo modelo de mineração de texto podem ser feitas a partir de várias abordagens de visualização. As ferramentas de visualização utilizam entre outros: vários tipos de gráficos, links de diferentes gráficos, árvores hierárquicas e atividades em redes (FELDMAN e SANGER, 2007).

Nesse estudo, a etapa de pós-processamento deve utilizar para a análise e validação do conhecimento descoberto abordagens de visualização, como gráficos e tabelas, que permitam uma melhor representação dos possíveis precursores dos eventos.

2.2 Redes Neurais

Redes neurais são modelos computacionais compostos de unidades de processamento interconectadas que executam processamento em paralelo. São implantações de sistemas não lineares estatísticos ou dinâmicos. Uma característica dessas redes é a sua natureza adaptativa onde “aprender por exemplos” substitui a “programação” para a solução de problemas. Essa característica torna esses modelos computacionais muito atraentes para domínios onde se tem pouco entendimento do problema a ser resolvido, porém, estão facilmente disponíveis exemplos para treinamentos (HASSOUN, 1995).

Existem várias aplicações nas quais os modelos de redes neurais são viáveis: classificação de padrões, reconhecimento e síntese vocais, interfaces adaptativas entre humanos e sistemas complexos, aproximação de funções, compressão de imagens, memória associativa, formação de conjuntos, organização combinatória, modelagem de sistemas não lineares e controle. Redes neurais são modelos biologicamente inspirados e consistem de elementos processadores, chamados neurônios ou nodos conectados com coeficientes, também chamados de pesos, ligados às conexões, os quais constituem a estrutura da rede neural, e algoritmos de treinamento e recuperação ligados à estrutura. Também são chamadas de modelos conexionistas devido ao papel importante das suas conexões. Os pesos das conexões constituem a memória do sistema (KASABOV, 1996).

As características principais das redes neurais são: aprendizado, adaptação, generalização, paralelismo massivo, robustez, armazenamento associativo de informação e processamento de informação espacial e temporal.

As redes neurais têm sido utilizadas em aplicações de mineração de textos devido a sua característica da extração de padrões e de informações que não estão explícitas nos textos.

2.3 Redes Semânticas

Uma rede semântica é uma notação gráfica composta por nodos²¹ interconectados. As redes semânticas podem ser usadas para a representação de conhecimento, ou como ferramenta

²¹ **Nodo:** um nodo ou nó representa cada ponto de interconexão de uma estrutura em árvore ou em rede ou um vértice de um grafo.

de suporte para sistemas automatizados de inferências sobre o conhecimento (SOWA²², 2012).

Na rede semântica a representação do conhecimento é definida como um grafo²³ direcionado no qual os vértices representam conceitos, e as arestas representam relações semânticas entre os conceitos. O conceito foi criado para uso computacional representando uma língua internacional auxiliar para a tradução por máquina de linguagens naturais.

Tais redes envolvem o uso de associações semânticas flexíveis que podem ser úteis para a leitura humana.

As redes semânticas têm sido utilizadas para a representação do conhecimento gerado pela mineração de textos.

2.4 Regras de Associação

Uma regra de associação é um relacionamento na forma $X \Rightarrow Y$, onde X e Y são conjuntos de itens e $X \cap Y = \emptyset$. Para cada regra de associação é computado um fator de suporte (Sup) e um fator de confiança (Conf). O Sup é definido como a razão do número de tuplas²⁴ que satisfaçam tanto X quanto Y sobre o número total de tuplas, isto é, $\text{Sup} = |X \cup Y| / N$, onde N corresponde ao número total de tuplas. Conf é definido como a razão do número de tuplas que satisfaçam tanto X quanto Y sobre o número de tuplas que satisfazem X , isto é, $\text{Conf} = |X \cap Y| / |X|$.

²² [HTTP://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm](http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm)

²³ **Grafo:** é um conceito matemático representado como um conjunto de pontos (*vértices*) ligados por retas (as *arestas*). Dependendo da aplicação, as arestas podem ser direcionadas, e são representadas por "setas".

²⁴ **Tupla:** é uma seqüência que armazena um conjunto de elementos acessíveis por um índice inteiro.

A tarefa de descoberta de regras de associação consiste na extração de todas as regras com Sup e Conf maior que ou igual ao Sup e Conf mínimos (denotados SupMín e ConfMín) especificados por um usuário.

A descoberta de regras de associação é geralmente executada em duas etapas. Na primeira etapa, um algoritmo determina todos os conjuntos de itens que apresentam Sup maior que ou igual ao SupMín especificado pelo usuário. Tais conjuntos são chamados de conjuntos de itens freqüentes, às vezes chamados conjuntos de itens grandes. Na segunda etapa, para cada conjunto de itens freqüente, todas as possíveis regras candidatas são geradas e testadas quanto à ConfMín. Uma regra candidata é gerada extraindo-se um subconjunto de itens do conjunto de itens freqüentes para ser o antecedente da regra e usando-se os itens restantes no conjunto de itens freqüentes para ser o conseqüente da regra. Somente as regras candidatas com Conf maior que ou igual à ConfMín especificada pelo usuário são incluídas na saída do algoritmo (TOIVONEN, 1996).

A análise e a validação dos resultados da metodologia de mineração dos textos proposta, Capítulo 4, combina a frequência de ocorrência das palavras nos documento (TF) com o conceito básico da regra de associação, se $X \Rightarrow Y$ considerando X e Y palavras do texto, para analisar e validar os resultados da mineração dos textos.

A seguir, alguns exemplos de trabalhos encontrados na literatura citam a aplicação e as vantagens da mineração de textos em diferentes áreas de interesse:

- a bioinformática, estudos interdisciplinares da ciência da informação e da ciência da vida, através da mineração de textos auxilia pesquisadores na identificação de relações e padrões, de forma eficiente, no Sistema de Investigação de Genes – (GIS). As técnicas de MT utilizadas são os algoritmos de sumarização e agrupamento de genes (Qi.,ZHANG e SONG, 2009).

- o sistema de e-government do governo da China utiliza uma ontologia²⁵ para a representação do conhecimento, baseada na Web Semântica²⁶ e na *Web Ontology Language*²⁷ - (OWL). Os respectivos arquivos de textos são documentos semi-estruturados e possuem diferentes formatos como vídeo, áudio e imagem de documentos. O conhecimento extraído dos arquivos de textos auxilia na elaboração de políticas, no apoio à decisão e nas rotinas do governo para os serviços públicos (JIANG e DONG, 2008).

- (FIGUERDO, 2008) analisou publicações e utiliza técnicas de mineração de dados textuais temporais e propõe o desenvolvimento de uma metodologia capaz de contemplar a informação do tempo presente na maioria dos documentos eletrônicos de forma implícita ou explícita, e mostrou que informações divulgadas ao longo do tempo podem ser relacionadas com o comportamento histórico de alguns dados.

- (GAO e BELING, 2003) propuseram um método que utiliza palavras-chaves de documentos de textos para determinar, subjetivamente, pesos e designar, também subjetivamente, regras gramaticais para pontuar sentenças individuais baseadas em comentários sobre a economia. Para avaliar se os resultados têm o valor de uma previsão utilizam-os para construir um modelo de regressão linear de crescimento futuro aplicado ao Produto Interno Bruto (PIB).

- (SAKURAI e UENO, 2004) propuseram um novo método para a descoberta de características e padrões em dados textuais seqüenciais. Os dados são compostos

²⁵ **Ontologia:** (em grego *ontos* e *logoi*, "conhecimento do ser") é a parte da filosofia que trata da natureza do ser, da realidade, da existência dos entes e das questões metafísicas em geral. O termo ontologia foi adotado pela comunidade de Inteligência Artificial para referir conceitos e termos para descrever alguma área do conhecimento ou construir uma representação desse conhecimento.

²⁶ **Web Semântica:** interliga significados de palavras a fim de atribuir um significado (sentido) aos conteúdos publicados na Internet de modo que seja perceptível tanto pelo humano como pelo computador.

²⁷ **Web Ontology Language – (OWL):** é uma linguagem para definir e instanciar ontologias na Web. Uma ontologia OWL pode incluir descrições de classes e suas respectivas propriedades e seus relacionamentos. OWL foi projetada para o uso em aplicações que precisam processar o conteúdo da informação ao invés de apenas apresentá-la aos humanos.

por três tipos de informação: o tempo da informação, os atributos e os textos. O método reúne itens de dados com os mesmos valores de atributos, organiza as seqüências dos itens na ordem do tempo e gera as seqüências. O método também extrai eventos de cada texto, usando técnicas de classificação para a mineração de textos. O método é aplicado em relatórios comerciais coletados e a verificação do método é validada através da investigação dos textos e dos respectivos padrões.

- (MONTEIRO *et al.*, 2006) comentam que “... as empresas precisam ter informação de alta qualidade no momento certo e no local certo”. Isto serviu como motivação da pesquisa para analisar diferentes bancos de dados no âmbito do ciclo de vida do produto. Devido ao fato da informação desempenhar um papel dominante, especialmente em processos de negócios altamente inovadores, concentra suas atenções em bases de dados textuais pelo fato de oferecerem a melhor possibilidade de lidar com a informação no formato livre e contendo um enorme potencial de informações valiosas. Além disso, a utilização de técnicas de mineração de textos pode ser usada para analisar as bases textuais e extrair informações de forma rápida e, portanto, ser capaz de acessá-las no momento adequado, quando necessário.

- (NERI e BALDIN, 2007) apresentaram o uso de técnicas de mineração de textos multilíngue ou *Multilingual Text Mining* - (MTM) utilizado pela Agência Internacional de Energia Atômica - (AIEA), cujo principal objetivo é gerenciar enormes conjuntos de documentos através de uma análise linguística automática. Tais documentos são provenientes de diferentes fontes de informações e escritos em diferentes línguas. A classificação automática dos resultados é feita através de uma classificação não supervisionada capaz de descobrir semelhanças significativas entre os documentos e encontrar a proliferação da informação nuclear e de salvaguarda relacionada. A MTM permite ultrapassar as barreiras linguísticas, possibilitando a indexação e classificação automática de documentos, qualquer que seja a língua.

- (AKIHIDE *et al.*, 2005) propuseram a aplicação da mineração de textos para o tratamento de resíduos radioativos através de um sistema de comunicação, que

utiliza um fórum de discussão sobre informações do possível risco social. O método de mineração de texto identifica o núcleo de interesse público e analisa os comentários públicos nos relatórios técnicos de alto nível sobre o tratamento dos resíduos radioativos.

- (SHU, 2006) propõe a aplicação de técnicas de mineração para a construção de um sistema de inferência de informação, sobre a segurança em instalações nucleares, como uma poderosa ferramenta para extrair informações relevantes de diferentes tipos e formatos de dados. O sistema proposto utiliza um ambiente operacional real, e é dividido em 4 módulos. Um módulo de inferência com simulação de resultados; um módulo intérprete para filtrar os dados simulando falhas; um módulo para converter os dados válidos em representações significativas através da lógica fuzzy²⁸ gerando alertas baseados na interpretação de dados e um módulo apresentador que deve apresentar os dados de previsão de estados, bem como alertas gerados a partir do interpretador de dados.

De acordo com os trabalhos citados acima, a mineração de textos tem sido aplicada em diferentes domínios possibilitando a descoberta de conhecimentos implícitos e explícitos nos documentos de textos envolvidos. A geração de conhecimento novo e relevante e as relações importantes entre os textos não seriam percebidas sem o uso das técnicas de mineração de textos.

²⁸ **Lógica Fuzzy:** ou lógica difusa é uma extensão da lógica booleana que admite valores lógicos intermediários entre o FALSO (0) e o VERDADEIRO (1). Isto significa que um valor lógico difuso é um valor qualquer no intervalo de valores entre 0 e 1. Este tipo de lógica engloba de certa forma conceitos estatísticos principalmente na área de Inferência. As implementações da lógica difusa permitem que estados indeterminados possam ser tratados por dispositivos de controle. Desse modo, é possível avaliar conceitos não-quantificáveis. A lógica fuzzy deve ser vista mais como uma área de pesquisa sobre tratamento da incerteza, ou uma família de modelos matemáticos dedicados ao tratamento da incerteza, do que uma lógica propriamente dita

2.5 A Operação em Usinas Nucleoelétricas

Todas as ocorrências operacionais devem ser devidamente registradas e analisadas e podem servir de indicadores dos pontos vulneráveis da operação em usinas nucleoelétricas.

2.5.1 A Experiência Operacional

A experiência operacional de uma usina nucleoelétrica é construída por informações técnicas relacionadas à sua operação. As informações técnicas estão relacionadas com os aspectos de: procedimentos, treinamentos, manutenções, fragilidades organizacionais e segurança.

A experiência operacional interna é construída por informações técnicas relevantes relacionadas à operação da planta, e à experiência operacional externa por informações oriundas de outros países e de organismos internacionais. Ambas as experiências são transmitidas aos operadores, engenheiros e técnicos da planta (ELETRONUCLEAR, 2005).

A análise das informações específicas de uma planta e das experiências advindas da análise de eventos são informações técnicas que contribuem para a experiência operacional interna da planta. Logo, a análise da experiência operacional interna pode ser vista como uma ferramenta de suporte no aperfeiçoamento de procedimentos, treinamentos, manutenções, fragilidades organizacionais e da segurança da planta.

As experiências operacionais interna e externa provêm contribuições contínuas para o aumento da segurança, melhoria nos procedimentos e na estrutura organizacional (IAEA-Technical Reports Series, 1996).

2.5.2 Eventos Significantes

De acordo com o Relatório de Operação de Usinas Nucleoelétricas (CNEN-NN-1.14, 2002), que objetiva estabelecer os requisitos do programa de notificações de eventos significantes e dos relatórios de operação de usinas nucleoelétricas exigidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), um “*evento operacional*” (ou simplesmente evento) é uma falha ou uma seqüência de falhas relacionadas entre si.

Assim que uma usina nucleoelétricas obtenha autorização para iniciar sua operação ela deve submeter à CNEN um Relatório de Operações Iniciais (ROI). O ROI deve abordar, individualmente, os testes identificados no Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS) e incluir uma relação dos valores das características ou condições de operação, medidos durante o programa de testes, comparando esses valores com as previsões e especificações de projeto da usina. O ROI também deve conter a descrição de eventuais ações corretivas necessárias à operação segura da usina. A partir de uma primeira criticalidade do reator, a organização operadora deve submeter à CNEN um Relatório Mensal de Operação (RMO) sobre estatísticas de operação e experiência de desligamento, até o dia 15 do mês seguinte ao abrangido pelo relatório. Também devem ser submetidos à CNEN o Relatório Anual de Operação (RAO) do ano subsequente àquele do relato e após cada parada da usina, deverá ser apresentado um Relatório de Parada (RP) e a notificação da ocorrência de eventos iniciadores de situação de emergência e eventos não iniciadores de situação de emergência ou que ainda não tenham sido identificados como tais. A organização operadora deverá manter um canal de comunicação aberto e contínuo com a CNEN, durante o curso do evento ou da situação de emergência e deverá notificar à CNEN, em tempo hábil, durante o curso do evento ou da situação de emergência. (CNEN-NE-1.04, 2002),

A organização operadora deve classificar os eventos da seguinte forma (CNEN-NE-1-26, 1997):

a) **Classe 1:** Eventos relacionados às especificações técnicas:

- 1) qualquer desligamento requerido pelas Especificações Técnicas (ELETRONUCLEAR, 2007); ou
- 2) qualquer operação ou condição não permitida pelas especificações técnicas, de acordo com a norma CNEN-NE-1.26, item 4.6; ou
- 3) qualquer desvio das especificações técnicas, realizado intencionalmente, necessário para garantir a segurança do público e do meio ambiente, quando nenhuma ação, consistente com as condições da Autorização para Operação, puder proporcionar de imediato uma proteção adequada ou equivalente, conforme a norma CNEN-NE-1.04.

b) **Classe 2:** Qualquer evento que tenha levado a usina, incluindo suas principais barreiras de segurança, a uma condição seriamente degradada ou a:

- 1) uma condição não analisada que tenha comprometido de forma significativa a segurança da usina;
- 2) uma condição fora das bases de projeto da usina; ou
- 3) uma condição não coberta pelos procedimentos de operação ou de emergência da usina.

c) **Classe 3:** Qualquer fenômeno natural ou outra condição externa que tenha levado a uma ameaça real à segurança da usina, ou dificultado a execução das tarefas necessárias à operação segura da usina.

d) **Classe 4:** Qualquer evento que tenha resultado em uma atuação automática ou manual de qualquer dispositivo técnico de segurança, incluindo o sistema de proteção do reator, exceto quando:

- 1) a atuação tiver resultado de uma atividade previamente planejada durante testes ou operação do reator;

2) a atuação não foi prevista e ocorreu enquanto o sistema estava corretamente fora de serviço; ou ocorreu após a função de segurança ter sido realizada.

e) **Classe 5:** Qualquer evento que, sozinho, poderia ter impedido a realização da função de segurança de sistemas e estruturas, necessária para:

- 1) desligar o reator e mantê-lo numa condição segura em desligado; ou
- 2) remover o calor residual; ou
- 3) controlar a liberação de material radioativo; ou
- 4) mitigar as conseqüências de um acidente.

f) **Classe 6:** Qualquer evento no qual uma causa única ou condição que tenha provocado a inoperabilidade de um componente ou grupo de componentes em um único trem ou canal redundante em mais de um sistema de segurança, ou a inoperabilidade de canais ou trens redundantes em um mesmo sistema.

g) **Classe 7:** Qualquer liberação de efluentes radioativos por via aérea, que possa expor o público a níveis de radiação que acarretem doses superiores aos limites primários estabelecidos para indivíduos do público, de acordo com a Norma CNEN-NE-3.01.

h) **Classe 8:** Qualquer liberação de efluentes líquidos radioativos, que possa expor o público a níveis de radiação que acarretem doses superiores aos limites primários estabelecidos para indivíduos do público, de acordo com a Norma CNEN-NE-3.01.

i) **Classe 9:** Qualquer evento que tenha levado a uma ameaça real à segurança da usina ou que tenha dificultado significativamente a execução das tarefas necessárias para a operação segura do reator, incluindo incêndio, liberação de gases tóxicos ou liberação de radioatividade.

A Escala Internacional de Ocorrência Nuclear – (INES), desenvolvida pela Agência Internacional de Energia Atômica - (IAEA), é uma ferramenta para pronta e consistente comunicação sobre as ocorrências em instalações nucleares, facilitando uma compreensão mútua entre a comunidade nuclear, os meios de comunicação e o público. A INES foi inspirada na Escala Richter que é utilizada para comparar a magnitude de terremotos. Definiu-se um número de critérios e indicadores para assegurar a informação coerente de acontecimentos nucleares por diferentes autoridades oficiais (GAM *et al.*, 2006).

As ocorrências nucleares da INES são definidas por 8 níveis de gravidade, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Escala Internacional de Ocorrência Nuclear – INES.

| Nível | Descrição |
|--------------|---|
| Nível 0 | Desvio: abaixo da escala. Nenhuma importância com relação à segurança. |
| Nível 1 | Incidente: pode ocorrer devido a uma falha de equipamento, a um erro humano ou a procedimentos inadequados. Essas situações são consideradas tipicamente “abaixo da escala”. |
| Nível 2 | Incidente: incidente com falha importante dos dispositivos de segurança, mas nos quais subsiste defesa em profundidade suficiente para fazer frente a falhas adicionais. Evento resultante de uma dose recebida por um trabalhador acima do limite de dose anual estabelecida e/ou evento que implique a presença de quantidades significativas de radioatividade em áreas da instalação para as quais, de acordo com o projeto, tal fato não seria justificável, e que exija medidas corretivas. |
| Nível 3 | Incidente importante: liberação externa acima dos limites autorizados, resultando, para o indivíduo mais exposto fora da área da instalação, numa dose da ordem de décimos de milisieverts (as doses são expressas em termos de dose equivalente efetiva; dose de corpo inteiro). Quando for conveniente, esses critérios podem ser expressos em termos dos limites anuais de descarga de efluentes correspondentes, permitidos pelas autoridades nacionais. Provavelmente, medidas de proteção fora da área de instalação não seriam necessárias. Eventos na área da instalação, implicando doses recebidas pelos trabalhadores suficientes para causar efeitos agudos à saúde e/ou eventos que provoquem uma grave contaminação, como, por exemplo, a liberação de alguns milhares de terabequeréis de atividade em uma contenção secundária de onde o material pode ser retornado a uma área de armazenamento satisfatória. Incidentes nos quais uma falha suplementar dos sistemas de segurança poderia conduzir a condições de acidente ou a uma situação em que, caso ocorresse em certos eventos iniciadores, os sistemas de segurança seriam incapazes de impedir um acidente. |
| Nível 4 | Acidente sem risco fora da instalação: liberação externa de radioatividade que resulte, para o indivíduo mais exposto fora da área da instalação, numa dose da ordem de alguns milisieverts. Com essa liberação, seria pouco provável a necessidade da aplicação de medidas de proteção fora da área de instalação, executando-se, talvez, um controle dos alimentos locais. Um acidente desse tipo poderia resultar em danos à central nuclear, tais como a fusão parcial do núcleo de um reator de potência, ou eventos comparáveis em instalações que não sejam reatores, criando problemas graves de retorno à normalidade na área da instalação. Irradiação de um ou mais trabalhadores que implique uma |

| | |
|---------|--|
| | superexposição com alta probabilidade de morte precoce. |
| Nível 5 | Acidente com risco fora da instalação: liberação externa de materiais radioativos. Essa liberação resultaria, provavelmente, na aplicação parcial das contramedidas previstas nos planos para casos de emergência, com o objetivo de reduzir a probabilidade de efeitos sobre a saúde. Pode incluir danos graves a uma grande parte do núcleo de um reator de potência, um acidente de criticalidade importante ou um incêndio ou explosão importantes, que liberem grande quantidade de radioatividade dentro da instalação. |
| Nível 6 | Acidente importante: liberação externa de materiais radioativos. Essa liberação resultaria, provavelmente, na aplicação integral das contramedidas previstas nos planos locais para casos de emergência, visando limitar os efeitos graves sobre a saúde. |
| Nível 7 | Acidente grave: liberação externa de uma fração importante de material radioativo de uma instalação grande. Seria constituída, tipicamente, de uma mistura de produtos de fissão radioativos de vidas curta e longa. Essa liberação poderia ocasionar efeitos tardios para a saúde da população de uma vasta região, possivelmente, mais de um país e conseqüências em longo prazo para o meio ambiente. |

O Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro – SIPRON tem por objetivos assegurar o planejamento integrado e coordenar a ação conjunta e a execução continuada de providências que visem atender às necessidades de segurança das atividades, das instalações e dos projetos nucleares brasileiros, particularmente do pessoal neles empregados, bem como da população e do meio ambiente com eles relacionados. De acordo com o SIPRON, um acidente é qualquer evento não intencional, incluindo erro de operação, falhas de equipamento ou outras causas, cujas conseqüências efetivas ou potenciais não possam ser desprezadas do ponto de vista de radioproteção ou segurança nuclear (SIPRON²⁹, 2012).

No Brasil, o Plano de Emergência – (PE) de uma instalação nuclear de acordo com a escala INES, modelo internacional de classificação e comunicação de emergências ao órgão regulador e às demais autoridades, prevê ações sempre preventivas e antecipatórias. O modelo cita quatro etapas possíveis de evolução dos eventos em função do possível grau de impacto. Vão desde as mais simples, sem nenhum reflexo sobre a saúde e a segurança da população, até as mais sérias, que podem ter como conseqüência a liberação de material radioativo para o meio ambiente:

²⁹ [HTTP://sipron.gsi.gov.br](http://sipron.gsi.gov.br)

1) Evento Não Usual (ENU) – é uma condição anormal na Usina sem nenhuma possibilidade de liberação de material radioativo para o meio ambiente;

2) Alerta – indicação de real ou provável degradação nos níveis de segurança. São ativados os Centros de Emergência internos das usinas e os externos, em Angra dos Reis, Rio de Janeiro e Brasília, sem a necessidade de ações de evacuação dos trabalhadores nem da população. Em casos de Alerta e ENU não está prevista qualquer ação junto à população;

3) Emergência de Área – indicação de real ou possível falha nas funções de segurança. Não há indicação de falha iminente do núcleo do reator. Os trabalhadores não envolvidos com a emergência são retirados das usinas, conforme estabelece o Plano de Emergência Local – (PEL);

4) Emergência Geral – indicação de real ou possível liberação de material radioativo; indicação de degradação iminente ou real do núcleo do reator. A população será evacuada e orientada pela Defesa Civil. O Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro (PEE/RJ) estabelece a remoção da população terrestre que não possui meios próprios, por meio de ônibus da Eletronuclear e das empresas concessionárias de transporte da região (ELETROBRAS, 2008).

3 Considerações para a Metodologia Proposta

Esse capítulo apresenta considerações importantes para a aplicação da metodologia proposta: a ferramenta computacional de mineração de textos e uma classificação para os possíveis precursores identificados.

3.1 O Software *TextAnalyst*

O *TextAnalyst* v.2.3, (MEGAPUTER INTELLIGENCE³⁰, 2009), é uma ferramenta de mineração de textos que tem como finalidade principal executar análise semântica³¹ de textos, escritos em linguagem natural, em diferentes domínios de aplicação. Ela é baseada em uma tecnologia de redes neurais e encontra-se entre as mais utilizadas ferramentas para mineração de texto do mercado. Disponibiliza uma grande variedade de componentes e é totalmente voltado para o processo de mineração de textos. Os resultados da análise são representados sob a forma de uma rede semântica³², a qual exhibe as palavras consideradas semanticamente importantes nos textos, suas frequências de ocorrências e seus respectivos relacionamentos semânticos.

Na etapa de pré-processamento utiliza uma rede neural hierárquica de várias camadas para exibir os elementos dos textos (letras, sílabas, radicais, morfemas, palavras e frases) representados na opção de estrutura de tópicos. Utiliza um dicionário de palavras que possibilita a eliminação de palavras sem significado semântico (*stopwords*) e identifica o *stemming* (tronco ou radical) das palavras com significado semântico importante a fim de

³⁰ [HTTP://www.megaputer.com/textanalyst.php](http://www.megaputer.com/textanalyst.php)

³¹ **Análise Semântica:** é o significado de uma sentença dentro do contexto em que se encontra.

³² **Rede Semântica:** é uma notação gráfica composta por nodos interconectados. As redes semânticas podem ser usadas para a representação de conhecimento, ou como ferramenta de suporte para sistemas automatizados de inferências sobre o conhecimento.

diminuir a ambigüidade das expressões com o mesmo sentido lingüístico. Realiza uma análise estatística que avalia a frequência de ocorrência das palavras no *Corpus*³³ e estabelece o peso estatístico individual das palavras e os pesos estatísticos dos relacionamentos entre as palavras. Nesta etapa a orientação de um especialista do domínio se faz necessária para a customização de valores limites para a exibição das palavras na rede neural. Os pesos estatísticos individuais e os pesos estatísticos dos relacionamentos entre as palavras nos textos são armazenados nos nodos da rede neural, semelhante à rede neural de Hopfield³⁴ conforme a Figura 2, onde todos os neurônios estão completamente interligados.

O resultado do pré-processamento é uma rede neural hierárquica contendo os conceitos³⁵ de grande importância semântica agrupados (em *cluster*³⁶) em uma estrutura de árvore com os respectivos relacionamentos entre os conceitos, as frequências de ocorrências, os pesos estatísticos individuais e os pesos estatísticos dos relacionamentos entre os conceitos.

³³ **Corpus:** é formado por um conjunto de textos escritos ou falados numa língua que serve como base de análise lingüística.

³⁴ **Rede de Hopfield:** pode ser vista como uma memória associativa, ou seja, dado um padrão ruidoso ou deformado, a rede tentará encontrar o padrão original guardado. É utilizada por técnicas de classificação e de agrupamento (cluster).

³⁵ **Conceito:** Refere-se a uma palavra (ou palavras) identificada como significativa no contexto do texto.

³⁶ **Cluster:** Técnica de agrupamento (clustering) que explora semelhanças entre padrões e agrupa os padrões parecidos em categorias ou grupos.

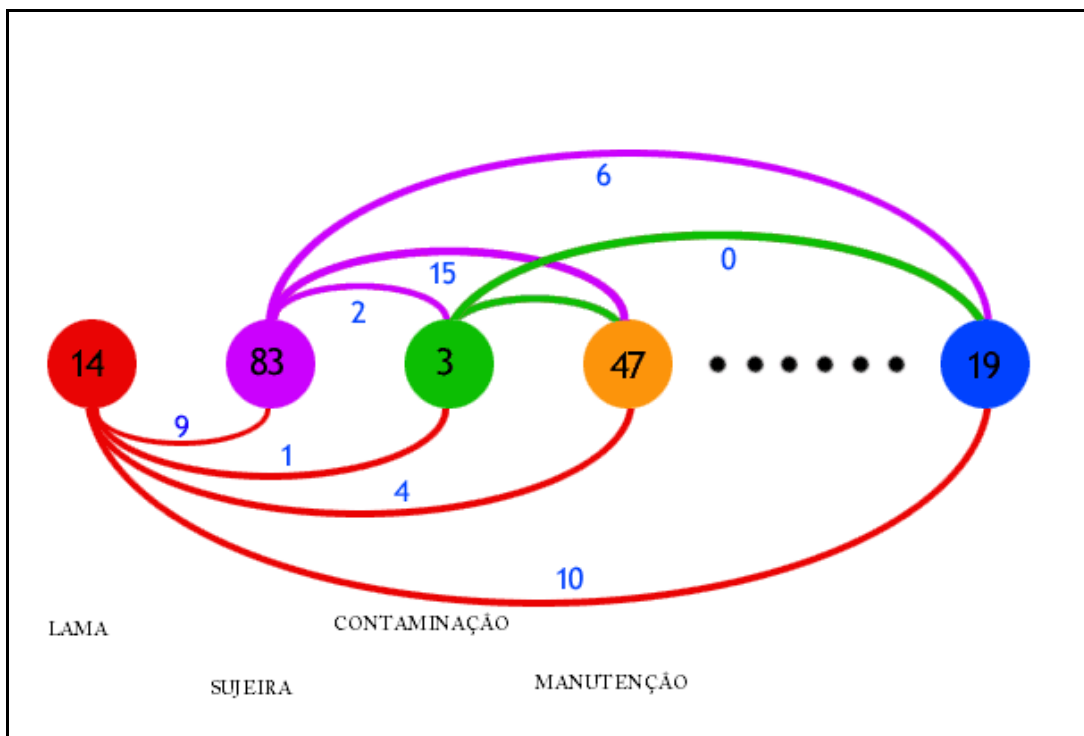


Figura 2: Rede Neural de Hopfield.

Após a conclusão do pré-processamento, os pesos estatísticos individuais dos conceitos e os pesos dos relacionamentos entre os conceitos são ajustados e passam a ser chamados de pesos semânticos. E a rede neural evolui para uma configuração estável, renormalizada, representada na opção de rede semântica, que é representada por uma estrutura de árvore. A rede semântica contém todos os conceitos (palavras) do dicionário e também conceitos considerados, na análise, com importância semântica de acordo com os valores limites definidos. Cada nodo, raiz da árvore ou raiz de uma sub-árvore da rede semântica representa um conceito com o seu peso semântico³⁷ individual e a sua frequência de ocorrência no *Corpus*. Os demais nós, subordinados aos nodos raízes, representam

³⁷ **Peso Semântico:** Representa uma medida de importância individual do **conceito** no texto. É determinado por algoritmos matemáticos e varia de 0 a 100.

conceitos relacionados aos respectivos nodos raízes. Eles exibem cada conceito relacionado com seu peso semântico individual e o peso semântico do relacionamento³⁸.

O TextAnalyst oferece opções para a análise e validação dos resultados através da navegação nas opções “estrutura de tópicos”, “rede semântica” e “busca semântica”, as quais são representadas por uma estrutura em árvore. Cada nodo da estrutura em árvore representa um conceito em um *cluster*. Os *clusters* são representados por peixes de diferentes tamanhos e formatos.

Como mostra a Figura 3, um conceito de maior peso estatístico individual (99) compõe um cluster representado por um maior peixe. Os peixes vão diminuindo de tamanho de acordo com os respectivos pesos estatísticos individuais dos seus respectivos conceitos semânticos. O conceito transferência (Figura 3) na análise recebeu um peso estatístico individual igual a 99, que é o maior possível, logo foi associado a um peixe grande. Já o conceito semântico células, relacionado ao conceito semântico transferência, na análise recebeu um peso estatístico individual igual a 8 e foi associado a um peixe bem pequeno.

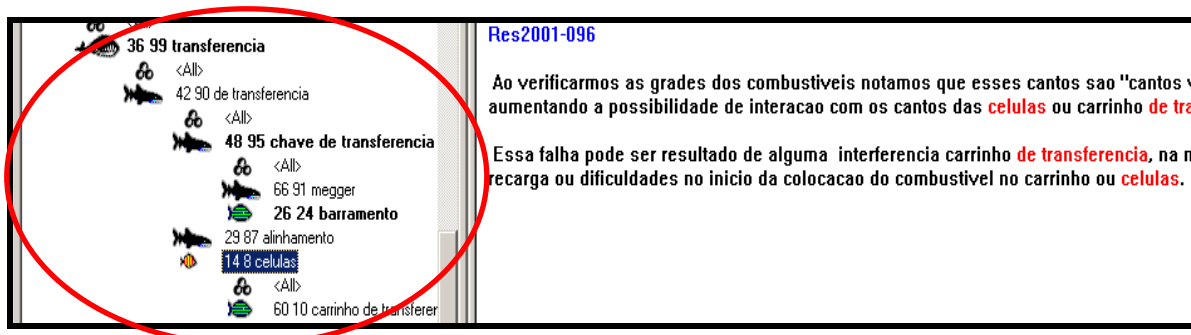


Figura 3: Representação dos *clusters* por diferentes tamanhos e formatos de peixes.

³⁸ **Peso Semântico do Relacionamento:** Representa a importância ou força do relacionamento entre **conceitos** relacionados. É determinado por algoritmos matemáticos.

3.1.1 Definições Utilizadas pelo TextAnalyst

A seguir são descritas algumas definições utilizadas pela ferramenta computacional:

i) **Texto** - Refere-se a cada documento formatado para a análise textual.

ii) **Conceito** - Refere-se a uma palavra (ou palavras) identificada como significativa no contexto do **texto**.

iii) **Hiperlink** – Cada **conceito** identificado é representado no texto como um **hiperlink** no texto correspondente.

iv) **Dicionário de palavras** – É utilizado para refinar a análise dos textos através da inclusão de palavras que deverão ser analisadas, isto é, palavras que são consideradas importantes para a análise, e também palavras que não deverão ser analisadas, isto é, sem importância para a análise. O dicionário tem o objetivo de armazenar um conhecimento prévio dos textos, proporcionando uma análise mais refinada. Tais palavras ou expressões são classificadas em:

- **palavras comuns** - são palavras consideradas de pouca importância semântica para a análise. São alguns verbos, substantivos e adjetivos. Palavras comuns não são analisadas, a menos que elas sejam combinadas com outras palavras criando um conceito semanticamente importante.

- **palavras não analisadas** – são palavras sem nenhuma importância semântica. São artigos, preposições, conjunções e etc. Indicam que devem ser ignoradas durante a análise.

- **palavras de exceção** - são palavras que não seguem as regras usuais de *stemming*. Na maioria das vezes, representam verbos com formas verbais irregulares.

- **palavras do usuário** – são palavras de muita importância semântica no domínio do estudo, e que o usuário deseja que sejam analisadas e incluídas na rede semântica.

v) **Estrutura de Tópicos** - Representa os mais importantes **conceitos** analisados e seus relacionamentos através de uma estrutura em árvore. Cada nodo “pai” é representado por um **conceito** e cada nodo “filho” é representado por um **conceito** relacionado. Cada **conceito** analisado recebe um “**peso semântico**” e um “**peso de relacionamento**” .

vi) **Rede Semântica** – É composta pelo conjunto de todos os **conceitos** analisados juntamente com os relacionamentos entre **conceitos**. A **rede semântica** contém todos os **conceitos**, considerados importantes, registrados no **dicionário de palavras** e também **conceitos** que não pertencem ao **dicionário de palavras**, mas que foram considerados importantes pelo algoritmo da rede. Ela é criada por algoritmos de inteligência artificial, os quais a princípio não necessitam de nenhum conhecimento prévio sobre o assunto. Mas se esse conhecimento prévio existir no **dicionário de palavras**, ele é utilizado durante a análise dos textos, viabilizando uma análise mais refinada.

vii) **Base de Conhecimento** – Refere-se à coleção de textos, à estrutura de tópicos, à rede semântica e aos hiperlinks nos textos.

viii) **Busca semântica** – Permite consultas em linguagem natural retornando resultados mais refinados da análise.

3.2 Classificação para os Possíveis Precursores

Após a análise e validação dos resultados todo o conhecimento obtido deve ser mapeado e representado de modo a subsidiar a gestão operacional e a tomada de decisão para a diminuição da recorrência do evento. Para tal, esse trabalho definiu a seguinte classificação para os possíveis precursores:

i) precursor organizacional: contribuiu para a ocorrência ou recorrência do evento através de uma falha organizacional, isto é, não foi devidamente tratado em reuniões, seminários e programas de treinamento (operacional e/ou manutenção);

ii) precursor de procedimento: contribuiu para a ocorrência ou recorrência do evento através de procedimentos com passos inadequados, procedimentos que necessitam de revisão e/ou adequação, procedimentos que conflitam com outros procedimentos, falta de aderência aos procedimentos ou procedimentos incompletos;

iii) precursor técnico (projeto e/ou manutenção): contribuiu para a ocorrência ou recorrência do evento através de: uma falha de projeto da planta envolvendo a estrutura do prédio, sistemas, equipamentos, componentes ou interfaces; e/ou uma falha na manutenção ao analisar, ou não reparar, ou reparar fora dos padrões. Além disso, podendo envolver desajustes técnicos que não foram percebidos ou controlados;

iv) precursor humano: contribuiu para a ocorrência ou recorrência do evento através de um erro humano, uma divergência entre o desempenho real de uma ação e o desempenho que a ação deveria ter tido, ou seja, o desempenho ideal. Na análise do precursor humano devem ser consideradas situações em que o erro humano é decorrente de problemas de treinamento. Nestes casos, o precursor deve ser classificado como precursor organizacional.

Precursores classificados como Organizacional, de Procedimento e de Técnico podem estar associados a falhas latentes, falhas ocultas no sistema. Precursores classificados como Humano podem estar associados às falhas ativas, aquelas que têm efeito imediato, e são cometidas por aqueles em contato direto com o sistema. Elas podem provocar um impacto direto e imediato. Segundo (MIRANDA *et al*, 2012), falhas latentes ao se combinarem com falhas ativas podem causar muitas situações de risco antes de gerarem um acidente.

4 A Metodologia Proposta

Nesse capítulo é apresentada a metodologia de mineração de textos que tem como objetivo a descoberta de conhecimento em bases de textos de modo que auxilie a identificação e seleção de possíveis precursores de eventos significantes ocorridos na usina nuclear Angra 1 e descritos em Relatórios de Eventos Significantes (RES) e em Ocorrências de Relatos Obrigatórios (ORO).

A metodologia proposta une métodos e técnicas abordados neste trabalho, utiliza uma ferramenta computacional para a mineração dos textos e sugere um especialista do domínio para analisar e validar os resultados. Ela poderá ser utilizada em qualquer instalação, que utilize tecnologias complexas, sujeita à ocorrência de eventos significantes que possam afetar a segurança da instalação.

4.1 Fases da Metodologia

A metodologia é definida em três fases: formatação dos textos, criação do *Corpus* de textos e mineração do *Corpus* de textos, A Figura 4 ilustra a arquitetura da metodologia proposta.

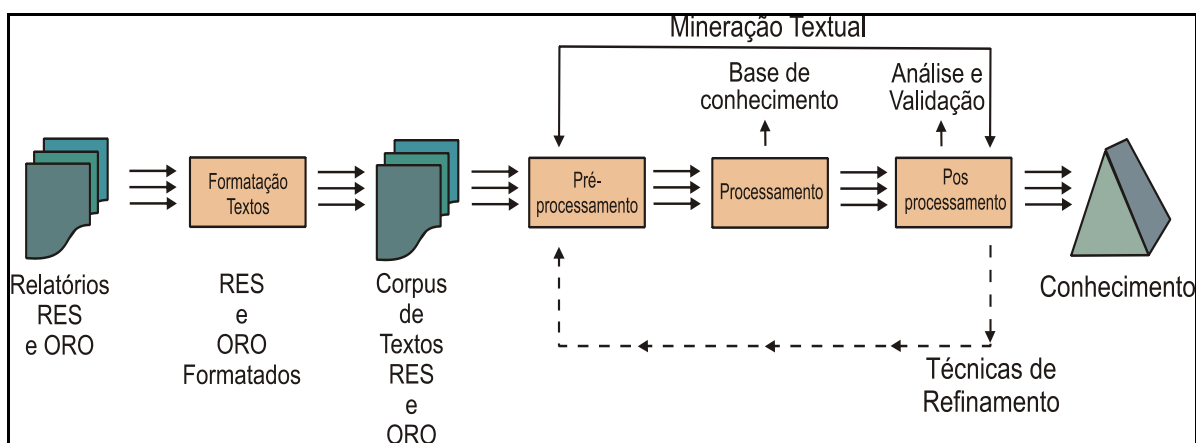


Figura 4: Arquitetura da Metodologia Proposta

4.1.1 Primeira Fase: Formatação dos Textos

Conversão dos textos dos relatórios dos eventos RES (Anexo 1) e ORO (Anexo 2) escritos em português, em uma formatação adequada à ferramenta de mineração dos textos utilizada

4.1.2 Segunda Fase: Preparação do *Corpus*

O *Corpus*³⁹ será formado pelo conjunto de textos de relatórios dos eventos RES (Anexo 3) e ORO (Anexo 4), formatados de maneira adequada, conforme a fase anterior, para a mineração de textos.

4.1.3 Terceira Fase: Mineração de Textos

Nessa fase a metodologia propõe a utilização da ferramenta computacional TextAnalyst v.2.3 (TA), devido ao fato de ela fornecer os resultados do processamento em um formato que facilita a análise e a validação do conhecimento gerado, pois exibe além dos conceitos semânticos considerados importantes no *Corpus*, a frequência de ocorrência, o peso semântico individual e o peso dos relacionamentos.

³⁹ O plural de **Corpus** é Corpora.

4.1.3.1 Etapa 1: Pré-processamento

Nessa etapa o algoritmo da ferramenta é responsável pelo processamento lingüístico e análise semântica do *Corpus* de textos, a qual é feita de maneira automática durante a carga do *Corpus*. Os passos abaixo preparam os textos e a ferramenta computacional para a etapa de pré-processamento:

i) customização de valores limites – define o valor limite do peso semântico para a exibição das palavras (termos) na estrutura de tópicos (rede neural) e na rede semântica. De acordo com o valor definido, a exibição poderá ser ampliada ou restringida de modo a exibir um grande número de resultados ou apenas os mais relevantes.

ii) criação do dicionário de palavras – o dicionário básico que acompanha a ferramenta de análise e mineração (TA) está preparado para a língua inglesa. Logo, se faz necessária a criação de um dicionário para a língua portuguesa contendo palavras ou expressões pertinentes ao domínio a ser analisado.

iii) carga do *Corpus* de textos – carregar o *Corpus* de textos (formatados) na ferramenta de análise e mineração (TA) para o pré-processamento lingüístico e a análise semântica.

4.1.3.2 Etapa 2: Processamento

Ao final do processamento a ferramenta (TA) mantém uma base de conhecimento a qual é composta do *Corpus* de textos, da estrutura de tópicos, da rede semântica, dos *hiperlinks*⁴⁰ e do dicionário de palavras.

4.1.3.3 Etapa 3: Pós-Processamento

Nessa etapa a base de conhecimento gerada na etapa do processamento é avaliada. O principal objetivo do pós-processamento é a análise e validação do conhecimento descoberto. Nos casos onde não é possível identificar um conhecimento a priori, atividades de validação devem ser feitas por um especialista do domínio.

Nesse trabalho, para a análise e validação do processamento do *Corpus* de textos, a metodologia propõe uma operação lógica conjuntiva através da interseção dos conceitos mais frequentes (TF – *term frequency*) com os seus respectivos conceitos associados (regra de associação) analisando-se associações significativas entre diferentes observações. Desse modo, a navegação na estrutura de tópicos e na rede semântica poderá ajudar na formulação de consultas para análise e validação do conhecimento descoberto. A busca semântica permite localizar no *Corpus* uma palavra ou uma sentença (combinação de palavras) existente na rede semântica e a palavra ou sentença localizada é exibida como hiperlink no respectivo texto. A busca formal permite localizar no *Corpus* qualquer palavra ou sentença (combinação de palavras) desejada, mesmo que não exista na rede semântica, e a palavra ou sentença localizada é exibida como *hiperlink* nos respectivos textos.

⁴⁰ **Hiperlink** – Cada **conceito** identificado é representado no texto como um **hiperlink** no texto correspondente.

Caso a análise e a validação da qualidade dos resultados não sejam satisfatórias devem ser aplicados refinamentos, como o ajuste nos valores limites, ajuste no dicionário de palavras (exclusão e/ou inclusão de palavras), e um novo pré-processamento e processamento devem ser realizados.

5 Estudo de Caso

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso que objetiva validar a metodologia de mineração de texto proposta no capítulo 4, para a identificação e seleção de possíveis precursores de eventos significantes. Para o estudo em questão são utilizados 182 eventos significantes relatados em relatórios RES e ORO, escritos em português, dos quais 127 são apenas RES e 55 são RES que evoluíram para ORO, no período de 2000 a 2010 ocorridos na usina nuclear Angra 1.

A seguir serão aplicadas as fases da metodologia proposta nos 182 relatórios dos eventos significantes.

5.1 Primeira Fase: Formatação dos Textos

Os 182 relatórios RES e ORO encontravam-se no formato Portable Document Format (.pdf), o qual não é adequado para o algoritmo utilizado pela ferramenta de mineração (TA). A conversão dos 182 relatórios em um formato adequado, de modo a viabilizar a mineração contou com os seguintes passos:

- i) os relatórios foram convertidos do formato *Portable Document Format* (.pdf), (Anexos 1 e 2), para o formato Extensão de Arquivo Texto Comum (.txt), (Anexos 3 e 4), utilizando o software *ABBYY PDF Transformer 2.0*;
- ii) após a conversão de formato toda a acentuação e as cedilhas foram removidas e algumas falhas (ruídos) de conversão foram eliminadas ou corrigidas. A acentuação e a cedilha foram removidas a fim de manter um padrão nos textos dos relatórios, evitando que algumas palavras em um dado texto estivessem acentuadas e/ou com a cedilha e em um outro texto estivessem sem acentuação

e/ou sem a cedilha. A acentuação e a cedilha também podem atrapalhar a análise de stemming na etapa do pré-processamento.

Desse modo, os 182 relatórios convertidos para Extensão de Arquivo Texto Comum (.txt) e padronizados estão prontos para compor o *Corpus* de textos.

5.2 Segunda Fase: Preparação do *Corpus*

Para uma melhor análise e validação do estudo de caso, o *Corpus* foi dividido em dois: um primeiro *Corpus* contendo apenas RES (127 textos) e o segundo *Corpus* contendo apenas ORO (55 textos). O objetivo dessa divisão foi identificar possíveis precursores de RES e, depois possíveis precursores de ORO, e então avaliar possíveis precursores comuns. Cada *Corpus* foi carregado e processado separadamente.

5.3 Terceira Fase: Mineração de Textos

Inicialmente, a mineração dos *Corpora* utilizou os valores padrões (default) da ferramenta (TA) como valores limites para a exibição dos pesos estatísticos e pesos semânticos, para os cálculos dos algoritmos e para a exibição dos resultados. Após cada processamento os valores e opções padrões foram ajustados a fim de ampliar ou restringir a exibição dos resultados.

O dicionário de palavras foi criado, inicialmente, com algumas palavras ou expressões do domínio do estudo de caso, classificadas como: palavras comuns, palavras não analisadas, palavras de exceção e palavras do usuário de acordo com a classificação da ferramenta (TA). Como resultado das análises e validações, na etapa de pós-processamento, o

dicionário de palavras foi ajustado a fim de se obter melhores resultados nas próximas minerações.

Dependendo da análise e validação dos resultados, realizados pelo especialista do domínio, os ajustes nas opções customizáveis da ferramenta de mineração de textos, sugeridos na metodologia, deverão ser feitos e a mineração será realizada várias vezes, enquanto for necessário, a fim de se obter resultados que apóiem os objetivos esperados.

5.3.1 Pré-Processamento do *Corpus* de Textos RES

Nessa etapa, após a carga do *Corpus*, o algoritmo de pré-processamento realiza o processamento linguístico e a análise semântica dos textos e gera a rede neural, Figura 5, representada na opção da estrutura de tópicos, contendo todos os conceitos de grande importância semântica e suas respectivas frequências de ocorrência, os pesos estatísticos individuais dos conceitos e os pesos dos relacionamentos entre os conceitos.

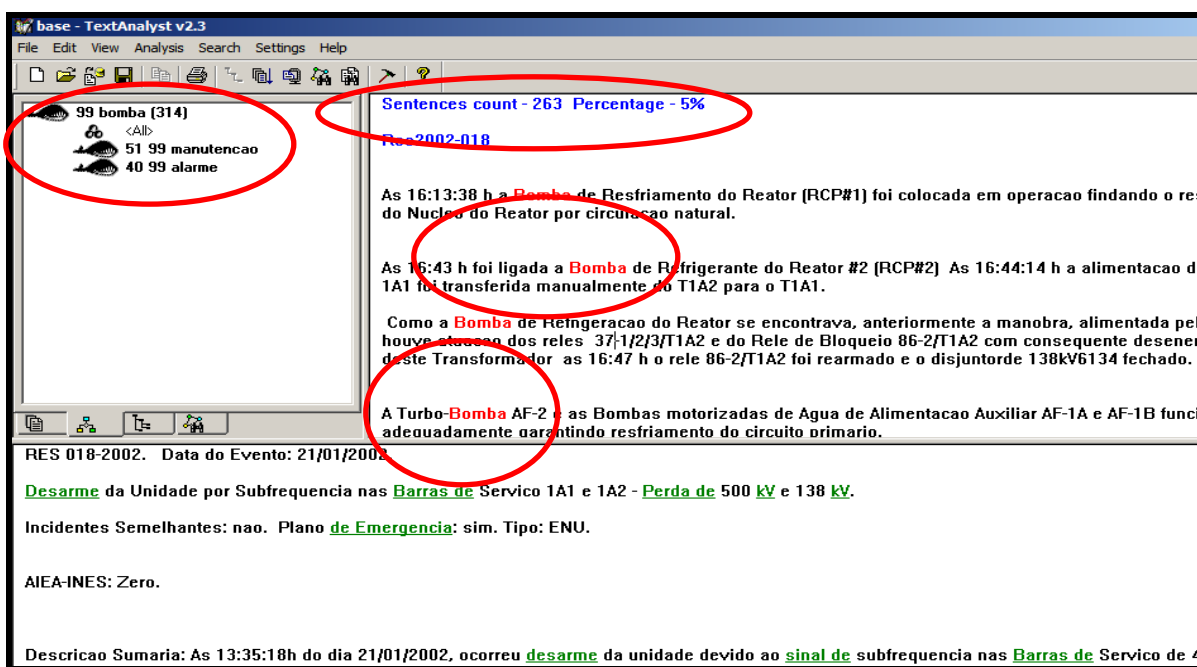


Figura 5: Estrutura de Tópicos do *Corpus* de Textos RES

A estrutura de tópicos do *Corpus* de textos RES (Figura 5) exibe o conceito “*bomba*” como nodo raiz da árvore e os conceitos “*manutenção*” e “*alarme*” relacionados ao conceito “*bomba*” ordenados, de modo descendente, pelos respectivos pesos dos relacionamentos. Os conceitos “*bomba*”, “*manutenção*” e “*alarme*” receberam o mesmo peso estatístico individual: 99. O conceito “*bomba*” possui uma frequência de 314 ocorrências em todo o corpus. O peso do relacionamento do conceito “*manutenção*” com o conceito “*bomba*” é 51. O peso do relacionamento do conceito “*alarme*” com o conceito “*bomba*” é 40. No *Corpus*, o conceito “*bomba*” foi encontrado em 263 sentenças, as quais correspondem a 5% de sentenças do corpus.

Conforme a Figura 6 a estrutura de tópicos exibe alguns relacionamentos do conceito “*alarme*” com os seus respectivos pesos estatísticos individuais e seus pesos estatísticos de relacionamento. O conceito “*falha*” relacionado ao conceito “*alarme*” apareceu em 22 sentenças do *Corpus*.

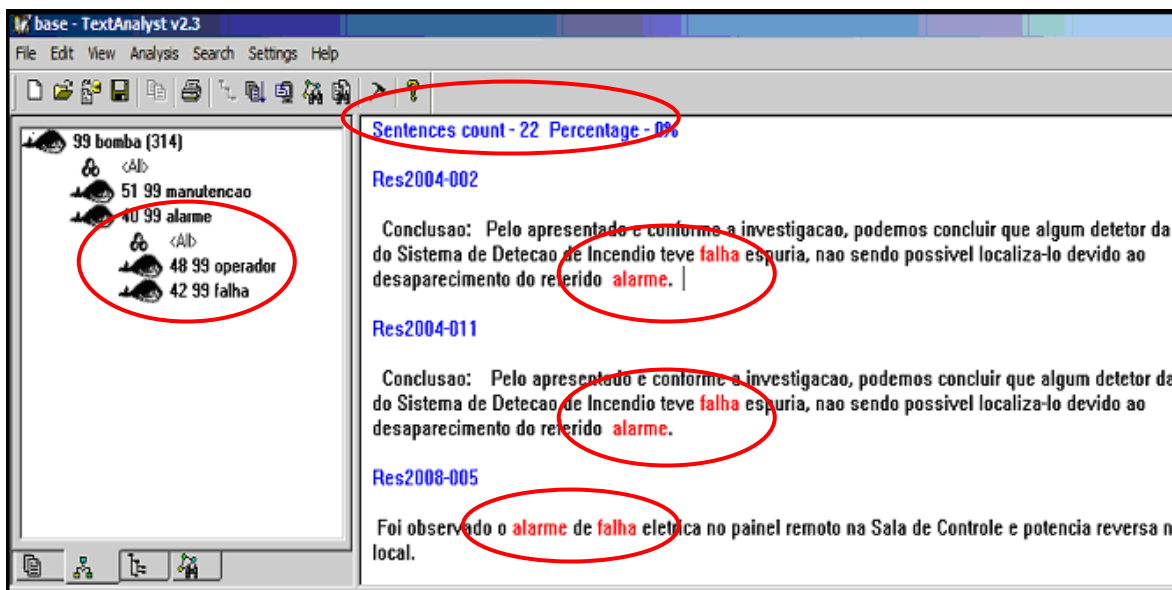


Figura 6: Estrutura de Tópicos do *Corpus* de Textos RES exibindo relacionamentos do conceito “*alarme*”

5.3.2 Processamento do *Corpus* dos Textos RES

Nessa etapa, os pesos estatísticos individuais dos conceitos e os pesos dos relacionamentos entre os conceitos são ajustados e passam a ser chamados de pesos semânticos. A rede neural evoluiu para uma configuração estável e renormalizada, a rede semântica, que é representada por uma estrutura de árvore como mostra a Figura 7. A rede semântica foi gerada com 2218 nodos representando todos os conceitos analisados no *Corpus* com seus respectivos pesos semânticos, ajustados, atendendo aos limites definidos. Foi ordenada pela frequência de ocorrência dos conceitos e como pode ser visto o conceito de maior frequência foi “*alarme*” com 365 ocorrências e 325 sentenças do *Corpus*. O conceito “*alarme*” está representado como um hiperlink, em cada sentença, para o texto correspondente.

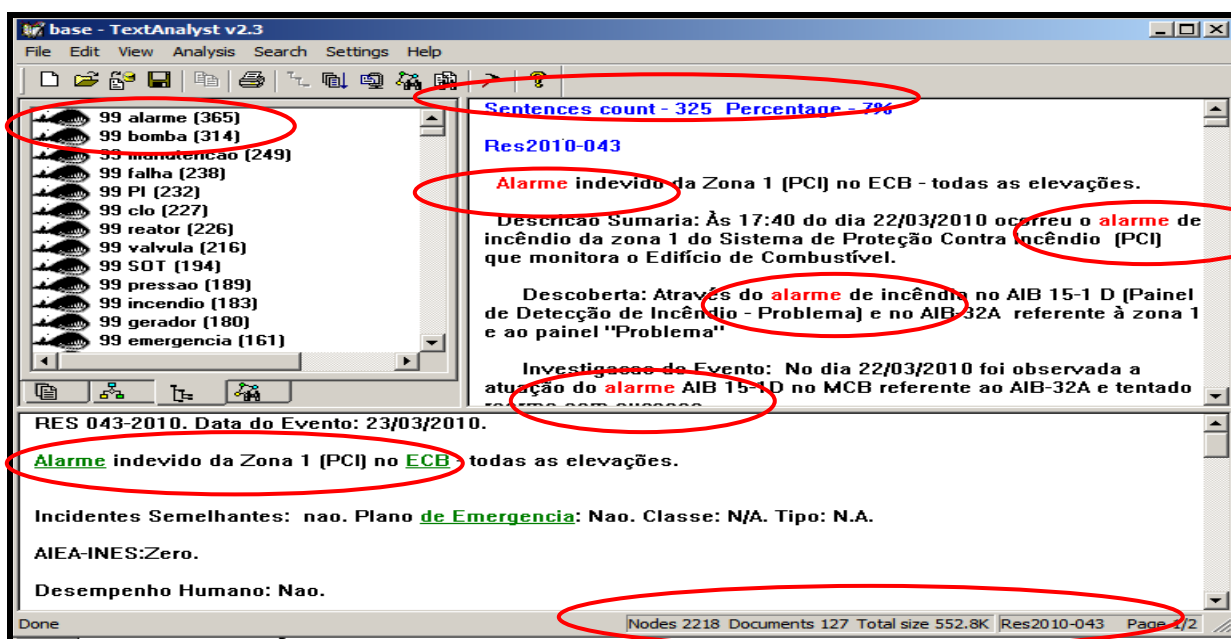


Figura 7: Rede semântica do *Corpus* de textos RES

Ao final do processamento a ferramenta (TA) mantém uma base de conhecimento composta do *Corpus* de textos RES, da estrutura de tópicos, da rede semântica, dos hiperlinks e do dicionário de palavras.

5.3.2 Pós-Processamento do *Corpus* dos Textos RES

Essa etapa tem como objetivo a análise, validação e visualização do conhecimento gerado sobre o *Corpus* de textos RES.

5.3.2.1 Análise e Validação do Conhecimento

De acordo com a proposta da metodologia para a análise e validação do conhecimento gerado, que propõe uma lógica conjuntiva através da interseção dos conceitos mais frequentes (TF) com seus respectivos conceitos relacionados (regra de associação), foram selecionados os conceitos ***“alarme” e “bomba”***, por serem os mais frequentes, juntamente com os seus respectivos conceitos relacionados. A seleção dos conceitos relacionados foi feita utilizando o recurso de navegação da rede semântica para avaliar os relacionamentos mais relevantes. Após a avaliação, foram selecionados os conceitos com peso de relacionamento (força do relacionamento) maior ou igual a 20 e com recorrência em eventos maior ou igual a 3, isto é, ocorridos em no mínimo 3 eventos, como mostra a Tabela 2.

De acordo com a Tabela 2, o conceito “*alarme*” ocorreu em 75 dos 127 eventos RES processados. O relacionamento de “*alarme*” com “*falha*” é o de maior força, isto é, de maior peso de relacionamento (43). O relacionamento de “*alarme*” com “*incêndio*” é o que possui a maior quantidade de eventos, isto é, 19 dos 75 eventos de “*alarme*”. O relacionamento de “*alarme*” com “*CLO*⁴¹” é o que possui a segunda maior quantidade de eventos, isto é, 16 dos 75 eventos de “*alarme*”. Logo, a análise foi feita utilizando o conceito “*alarme*” relacionado aos conceitos “*falha*”, “*incêndio*” e “*CLO*”.

Tabela 2: Dados para a Análise do Conceito “*Alarme*” em RES

| Conceito | Conceito Relacionado | Peso do Relacionamento | Quantidade de Eventos | Frequência de Ocorrência | Quantidade de Sentenças |
|---------------|----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| Alarme | | - | 75 | 365 | 325 |
| | Falha | 42 | 13 | 35 | 22 |
| | Manutenção | 41 | 12 | 16 | 13 |
| | Válvula | 38 | 10 | 20 | 19 |
| | Procedimento | 37 | 9 | 12 | 8 |
| | Pressão | 36 | 9 | 48 | 29 |
| | Incêndio | 30 | 19 | 130 | 89 |
| | CLO | 28 | 16 | 21 | 21 |
| | Temperatura | 29 | 12 | 20 | 19 |
| | Radiação | 28 | 10 | 20 | 19 |
| | Ajuste | 23 | 4 | 4 | 4 |

⁴¹ CLO: Condição Limite de Operação

De acordo com a Tabela 3, o conceito “*bomba*” ocorreu em 34 dos 127 eventos RES processados. O relacionamento de “*bomba*” com “*procedimento*” é o de maior força, isto é, de maior peso de relacionamento (40). O relacionamento de “*bomba*” com “*válvula*” é o que possui a maior quantidade de eventos, isto é, 11 dos 34 eventos de “*bomba*”. O relacionamento de “*bomba*” com “*motor*” é o que possui a segunda maior quantidade de eventos, isto é, 10 dos 34 eventos de “*bomba*”. Logo, a análise foi realizada utilizando o conceito “*bomba*” relacionado aos conceitos “*procedimento*”, “*válvula*” e “*motor*”.

Tabela 3: Dados para Análise do Conceito “*Bomba*” em RES

| Conceito | Conceito Relacionado | Peso do Relacionamento | Quantidade de Eventos | Frequência de Ocorrência | Quantidade de Sentenças |
|--------------|----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| Bomba | | - | 34 | 314 | 263 |
| | Procedimento | 40 | 6 | 10 | 10 |
| | Válvula | 38 | 11 | 20 | 17 |
| | Falha | 37 | 4 | 9 | 8 |
| | Fluxo | 36 | 7 | 44 | 37 |
| | Pressão | 36 | 7 | 23 | 16 |
| | Motor | 35 | 10 | 52 | 41 |
| | Troca | 26 | 7 | 16 | 14 |
| | Desarme | 26 | 7 | 17 | 17 |
| | Ajuste | 22 | 4 | 4 | 4 |
| | Filtro | 22 | 5 | 9 | 7 |
| | Reator | 22 | 4 | 7 | 6 |
| | Vazamento | 21 | 3 | 6 | 6 |
| | CLO | 20 | 5 | 6 | 6 |

Utilizando o recurso da busca semântica da ferramenta (TA) pode-se ver alguns exemplos de eventos RES que possuem os conceitos selecionados para a análise e a validação do processamento e seus respectivos relacionamentos como mostram as Figuras (8, 9, 10 e 11).

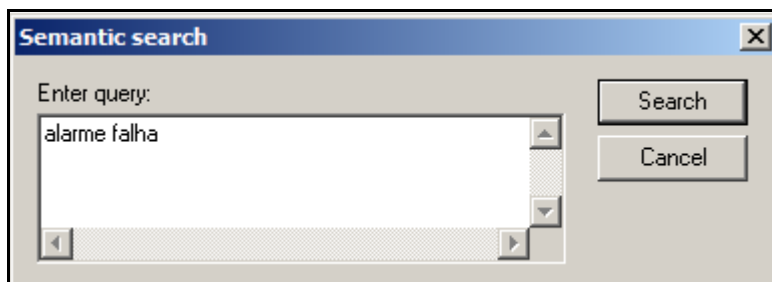


Figura 8: Busca semântica dos conceitos “Alarme” e “Falha” relacionados

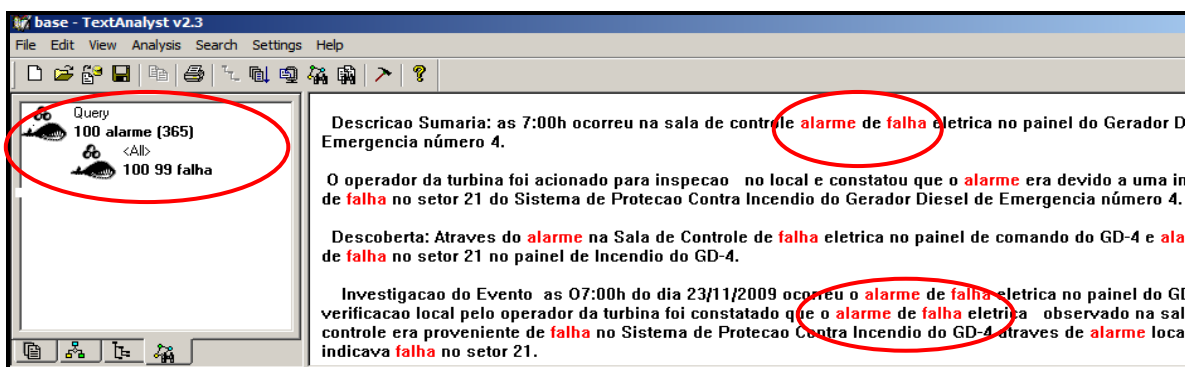


Figura 9: Exemplo de um resultado da busca semântica do Conceito “Alarme” relacionado com “Falha”

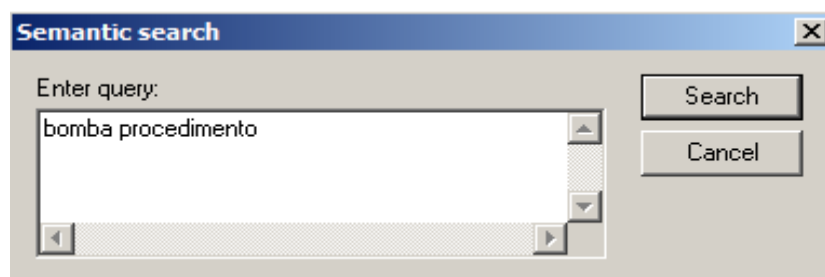


Figura 10: Busca semântica dos conceitos “Bomba” e “Procedimento” relacionados

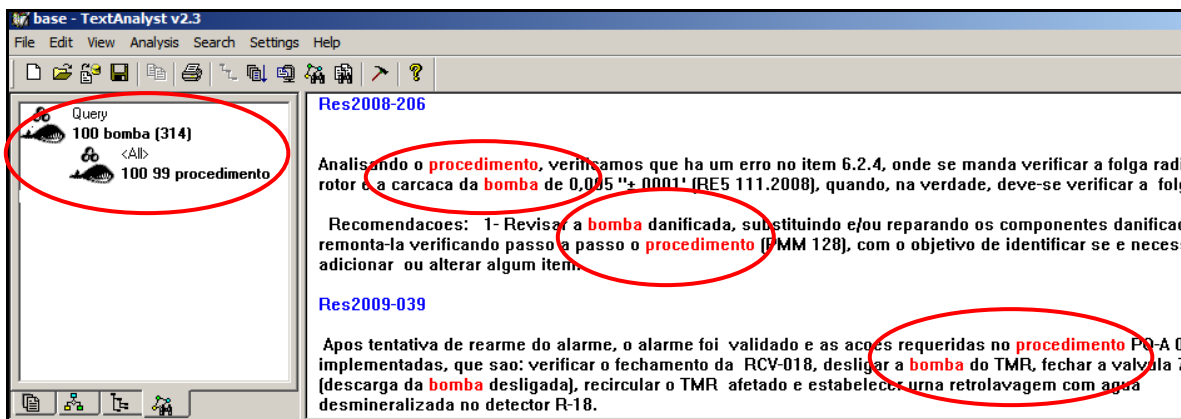


Figura 11: Exemplo de um resultado da busca semântica do Conceito “Bomba” relacionado com “Procedimento”

A base de conhecimento gerada permitiu análises comparativas para a identificação de relações e padrões importantes entre os conceitos. Através dessas análises foram identificados e selecionados alguns possíveis precursores dos RES processados.

Para a visualização e compreensão dos possíveis precursores identificados e selecionados foram utilizadas representações gráficas das respectivas redes semânticas, como mostram as Figuras (12, 13, 14, 15, 16 e 17), e alguns exemplos de textos retirados dos RES.

a) A Figura 12 representa a rede semântica do conceito “*alarme*” relacionado com “*falha*”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

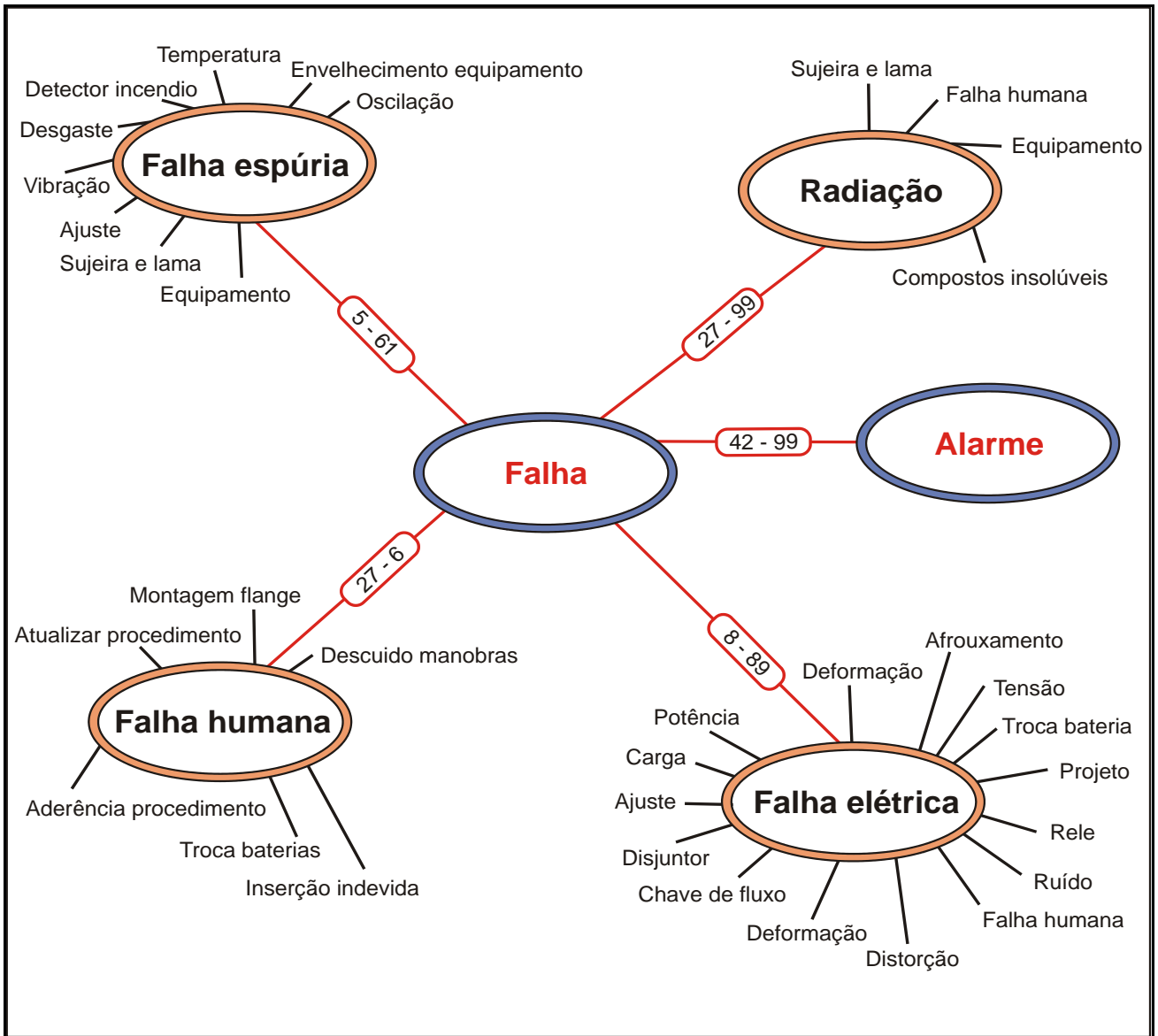


Figura 12: Rede Semântica dos conceitos “alarme” e “falha” relacionados

b) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “*alarme*” relacionado com “*falha*”.

RES 032-2010. Data do Evento: 01/03/2010.

Oscilação na indicação de posição das barras de controle do SICA atuando o **alarme** de **desvio de posição de barras**.

Descrição Sumária: Durante a verificação das possíveis causas, foi constatado que havia uma **falha** no SICA, tela DRPI. A **falha** consistia numa mudança aleatória dos valores de posição das barras de controle dos grupos "C" e "D", o que causava a atuação do **alarme** de desvio de barras.

Descoberta: Através do **alarme** ALB11#3E (Desvio Barras - Banco Barras Fora Sequencia Desvio Fluxo T Banco Desligamento < 220 passos).

Conclusão: A **oscilação** da indicação de posição de barras de controle foi causada pela **falha** no cartão I/O que envia o sinal para o SICA. **Falha** no cartão I/O causou resposta falsa de sinal de posição de barra de controle. Como ocorreu uma falha aleatória no módulo de I/O responsável pela indicação da posição das barras de controle, não foi possível determinar a causa raiz do evento.

RES 042-2010. Data do Evento: 18/03/2010.

Alarme de Alta Radiação do R-18 Durante Liberacao do Tanque TMR-1.

Incidentes Semelhantes: RES 032-2009; RES 039-2009.

Causa Principal: Processo - Presença de **compostos insolúveis** no R-18.

De uma maneira geral, os detectores de **radiação** podem apresentar dois tipos de **falhas**: não fornecer indicação e entrar em descarga contínua. No primeiro caso, o operador tomara conhecimento da **falha** do canal pelo **alarme** de nível baixo "LOW ALARM" na gaveta do detector.

Recomendações:

Inspeção/Limpeza nos Tanques de Monitoração de Rejeito (TMR-1 e TMR-2) e do Tanque da Lavanderia e Chuveiro Quente (TLCQ) a fim de verificar se existe acúmulo de **lama/sujeira**.
Revisão do PO-S 43 anexo 14 utilizando a retrolavagem pelo Tanque TMR 1 passando pelo tanque de Resina e filtro FLMI.

RES 032-2009. Data do Evento: 04/03/2009.

R-18 com **alarmes** intermitentes de nível alto

Incidentes Semelhantes: Não.

Causa Principal: **Falha Humana** - Processo - Presença de **compostos insolúveis** no R-18.

Recomendações:

1) Inspeção/Limpeza nos Tanques de Monitoração de Rejeito TMR-1 e TMR-2 a fim de verificar se existe acúmulo de **lama/sujeira**.
2) Revisão do PO-S 43 anexo 14 utilizando a retrolavagem pelo Tanque TMR 1 passando pelo tanque de Resina e filtro FLMT.

A Tabela 4 lista possíveis precursores, identificados, dos eventos RES que possuem os conceitos “*alarme*” e “*falha*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 4: Possíveis precursores de eventos que possuem os conceitos “*alarme*” e “*falha*” relacionados

| | | | |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Afrouxamento | Disjuntor | Falha Humana | Radiação |
| Ajuste | Distorção | Falta de Aderência ao Procedimento | Rele |
| Carga | Envelhecimento de Equipamento | Inserção Incorreta | Ruído |
| Chave de Fluxo da Válvula | Equipamento | Montagem do Flange sem adequação | Sujeira e Lama |
| Compostos Insolúveis | Falha de Equipamento | Movimento Espúrio | Temperatura |
| Deformação | Falha de Projeto | Oscilação | Tensão |
| Descuido em manobra | Falha do Detector de Incêndio | Perda de Partes | Travamento |
| Desgaste do Natural | Falha Elétrica | Potência | Troca de Bateria |
| Deslocamento | Falha Espúria | Procedimento Incompleto | Vibração |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os eventos que possuem o conceito “*alarme*” relacionado ao conceito “*falha*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor técnico e precursor humano.

a) A Figura 13 representa a rede semântica do conceito “*alarme*” relacionado com “*incêndio*”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

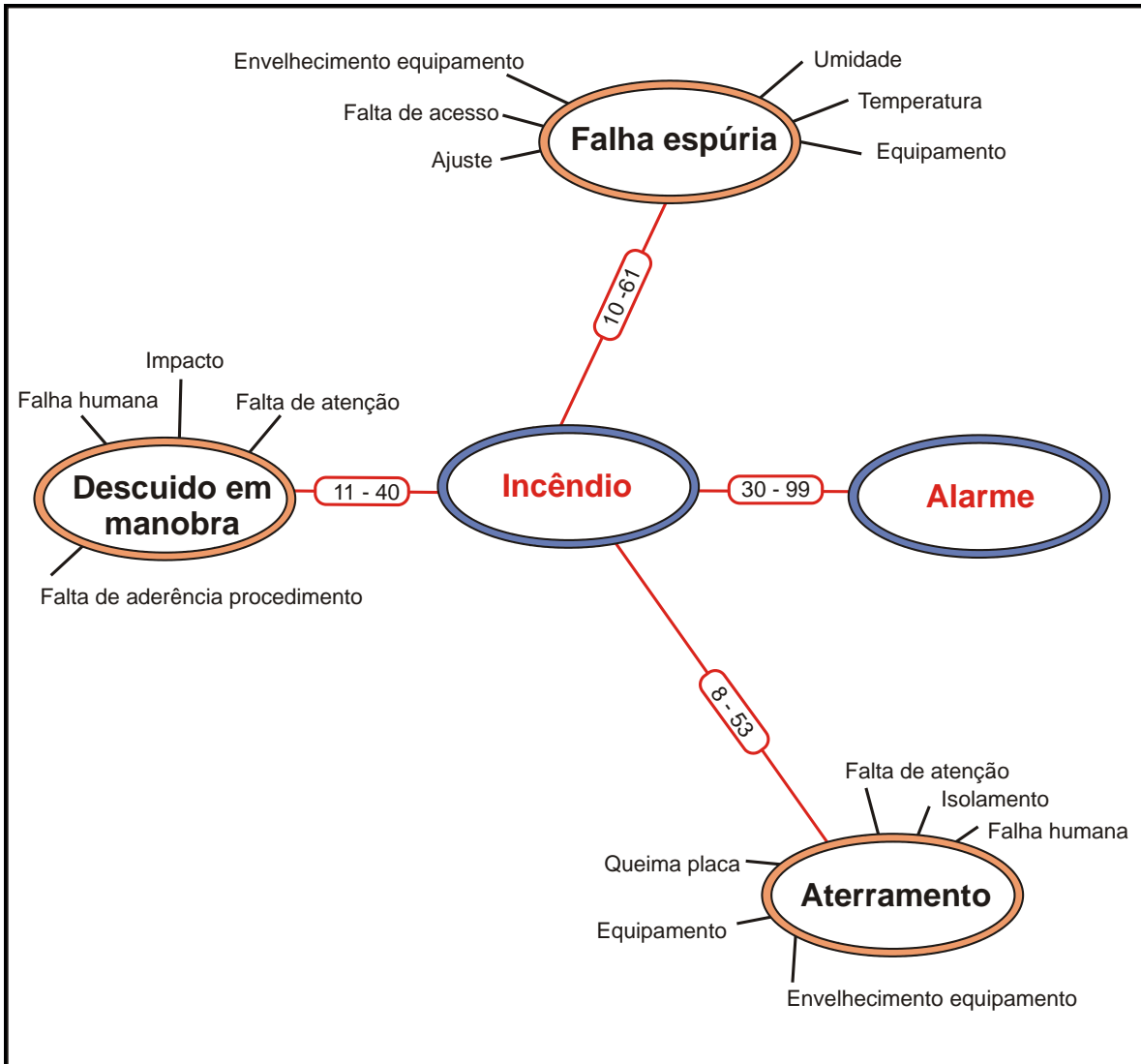


Figura 13: Rede Semântica dos conceitos “*alarme*” e “*incêndio*” relacionados

b) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “*alarme*” relacionado com “*incêndio*”.

RES 050-2007. Data do Evento: 05/04/2007.

Alarme Indevido de **Incendio** na zona 03 Edificio do Reator (ERE).

Incidentes Semelhantes: sim. RES 143.2006, RES 033.2006..

Causa Principal: **Equipamento** - **Falha espúria** do detector.

Conclusao:

O **alarme incendio** ocorrido as 22:20h do dia 05 de Abril de 2007 no painel ALB-32A da Sala de Controle, foi devido a atuacao **espuria** de um dos detectores da zona 03, o qual nao foi possivel sua identificacao individual.

RES 002-2008. Data do Evento: 04/01/2008.

Alarme indevido da Zona 1 (PCI) no ECB todas as elevações.

Causa Principal: **Falha Humana** - **descuido em manobra**

Descoberta: Atraves do **alarme de incendio** na Sala de Controle, (AIB15-1D) "Painel Detecção de **Incendio** - Problema", vindo do Painel Pyr-a-AI arm (ALB - 32A), referente a zona 01 do Sistema de Proteção Contra **Incendio**.

Recomendações:

Não ha recomendações adicionais para o evento, pois o PSI 235.2008, emitido pela GDU.O, permite que uma chave de acionamento manual, fomicida no mercado nacional, possa ser utilizada em substituição a atualmente danificada e também a outras que venham a apresentar problemas.

RES 065-2008. Data do Evento: 14/03/2008.

Inoperabilidade do painel ESSERTRONIC do PCI.

Incidentes Semelhantes: sim. RES 121-2008. Desempenho Humano: sim.

Causa Principal: **Queima da placa** I/O do painel ESSER ao se reconectar o **aterramento** principal.

Descoberta: Atraves do **alarme** no ALB 15# 1D-Painel de Deteccao de **Incendio** Problema e pela comunicacao do encarregado da LT 200701707 descrevendo o problema.

Conclusao:

A falha para terra era causada por **baixo isolamento** no cabo do loop 112, originado pela utilizacao de um cabo **envelhecido** e tambem pela **perfuracao** do cabo pelo parafuso de tamanho maior que o necessario, para a fixacao da base do detector, ambos durante a instalacao do PMP e nao detectados durante o comissaoamento. O painel Esser ficou inoperavel pela **queima da placa** 1/0 da CPU principal, possivelmente originada por uma diferenca de potencial entre o **aterramento** e o painel que se encontrava energizado.

Recomendacoes:

1. Planejar e programar os testes no **aterramento** do painel ESSER para garantir sua eficiencia e reconexao do cabo de **aterramento** do painel ESSER apos a chegada dos sobressalentes.

A Tabela 5 lista possíveis precursores, identificados, dos eventos RES que possuem os conceitos “*alarme*” e “*incêndio*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 5: Possíveis precursores de eventos que possuem os conceitos “*Alarme*” e “*Incêndio*” relacionados

| | | |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Ajuste | Falha Espúria | Isolamento |
| Aterramento | Falha Humana | Queima de Placa |
| Descuido em Manobra | Falta de Acesso | Temperatura |
| Envelhecimento do Equipamento | Falta de Aderência ao Procedimento | Umidade |
| Equipamento | Falta de Atenção | |
| Falha do Detector do Incêndio | Impacto | |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os 19 eventos que possuem o conceito “*alarme*” relacionado com o conceito “*incêndio*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor técnico e precursor humano.

a) A Figura representa a rede semântica do conceito “*alarme*” relacionado com “*CLO*”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

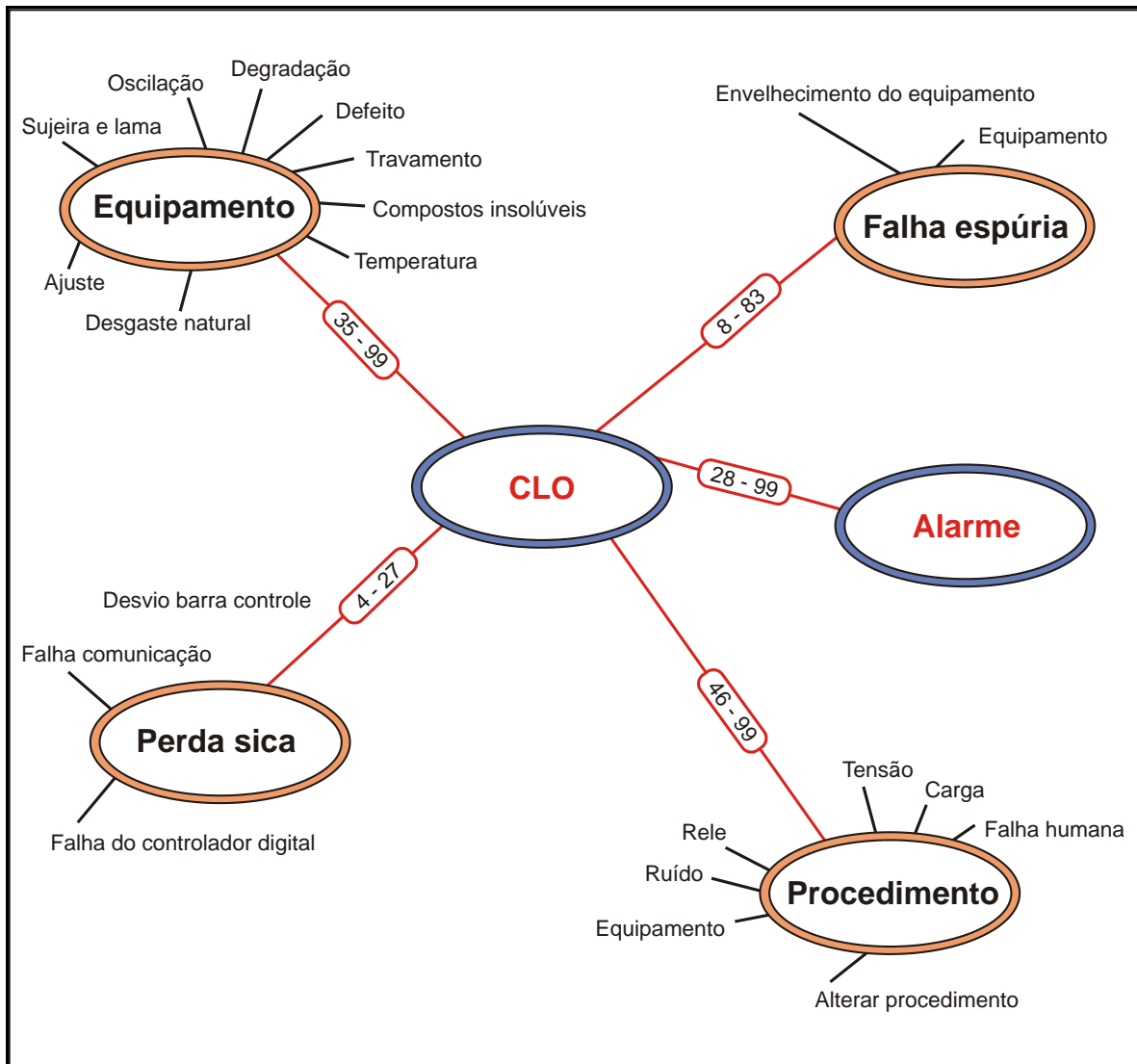


Figura 14: Rede Semântica dos conceitos “*alarme*” e “*CLO*” relacionados

b) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “*alarme*” relacionado com “*CLO*”.

RES 006-2010. Data do Evento: 10/01/2010.

Alarme indevido da Zona 7 (PCI) no ESE elevacoes 0.60m, 5.15m, 11.55m, 17.95m.

Incidentes Semelhantes: RES 169.2009.

Causa Raiz:

Envelhecimento do detector de incendio. **Envelhecimento dos equipamentos** do sistema de deteccao Pyralarm.

Descricao do Codigo da Causa Raiz (Codigo): 2302 - **Envelhecimento de componente**.

Descricao Sumaria:

Às 10:30 do dia 10/01/2010 ocorreu o **alarme** de incendio da zona 7 do sistema de protecao contra incêndio (PCI) que monitora as elevacoes 0.60m, 5.15m, 11.55m e 17.95m do Edifício de Seguranca - ESE. Executado ronda geral, pela equipe da brigada da Unidade que nao identificou nenhum detector alarmado. Foi aberta a SOT 201000423 e a **CLO 3042**.

Conclusao:

O **alarme** foi de natureza **espúria**, sendo gerado por possível **envelhecimento dos sensores** do sistema de deteccao Pyralarm. Porem, para essa Zona de incendio ja existe um processo de modernizacao (PMP 0009.2008) em andamento.

RES 005-2006. Data do Evento:05/01/2006.

Inoperabilidade dos **Alarmes** de AI e Desvio de Posicao de Barras devido a **Perda do SICA**.

Causa Principal:

Falha na comunicacao do computador ALPHA com os servidores do **SICA**.

Descricao Sumaria:

As 21:08h do dia 05/01/2006 foi verificado pelo Operador de Reator que o SICA estava fora de servico, o que levou a inoperabilidade dos alarmes de AI e de Desvio de Posicao de Barras no SICA, porém sem alarme na sala de Controle. Aberta a **CLO 2472** e 2473 para perda do **alarme** de AI e do Desvio de Posicao de Barras.

RES 005-2008. Data do Evento: 06/01/2010.

Atuacao do Rele de Potencia Reversa (32) Durante a Execucao do PI-O 66A

Incidentes Semelhantes: sim. RES 086-1994.

Causa Principal: **Falha Humana**.

Descricao Sumaria:

As 09:32h do dia 06 de janeiro de 2008, durante a execucao do item 6.14.3 do **procedimento** de Operabilidade do Gerador Diesel nº 3 (PI-O 66A), logo apos o sincronismo do Gerador Diesel na rede eletrica, ocorreu a atuacao do **rele potencia** reversa (32), vindo a desarmar automaticamente o GD-3. Foi observado o **alarme** de **falha eletrica** no painel remoto na Sala de Controle e potencia reversa no painel local.

Sequencia de Fatos e Acoes Tomadas:

As 09:17h foi iniciado o teste de Procedimento de Operabilidade do Gerador Diesel nº 3 (PI-O 66A) para atender ao trabalho da retirada do cabo 1 e assim atender a **Condicao Limite de Operacao CLO 2750**, que tambem pede a partida do Gerador Diesel nº 4 e troca das barras.

A Tabela 6 lista os possíveis precursores dos eventos RES que possuem os conceitos “*alarme*” e “*CLO*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 6: Possíveis precursores de eventos que possuem os conceitos “*alarme*” e “*CLO*” relacionados

| | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Ajuste | Envelhecimento de Equipamento | Procedimento Incompleto |
| Carga | Equipamento | Rele |
| Compostos Insolúveis | Falha de Comunicação | Ruído |
| Defeito | Falha do Controlador Digital | Sujeira e Lama |
| Degradação | Falha Espúria | Temperatura |
| Desgaste Natural | Falha Humana | Tensão |
| Desvio de Barras de Controle | Oscilação | Travamento |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os 16 eventos que possuem o conceito “*alarme*” relacionado com o conceito “*CLO*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor técnico e precursor humano.

a) A Figura 15 representa a rede semântica do conceito “bomba” relacionado com “válvula”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

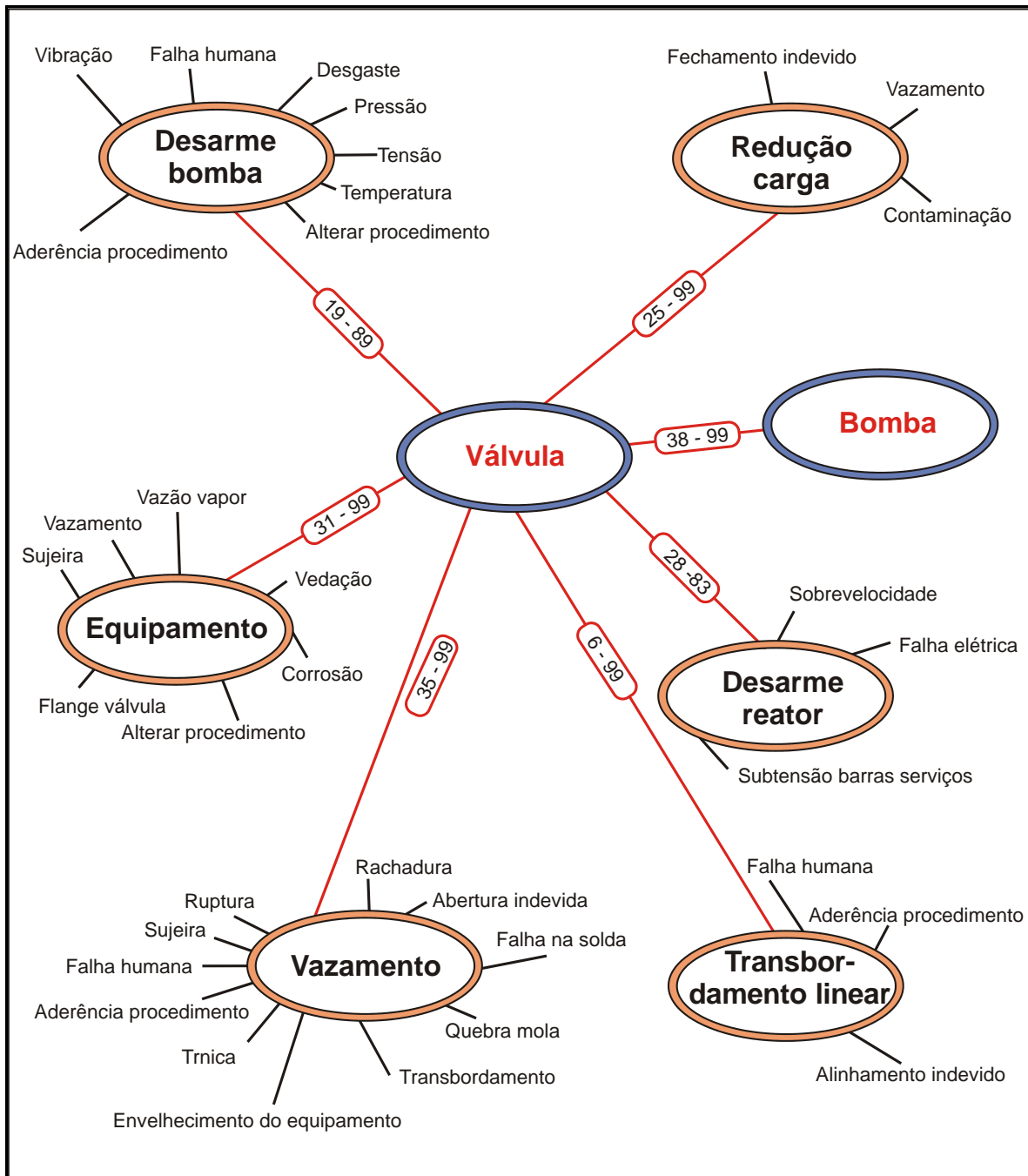


Figura 15: Rede Semântica dos conceitos “bomba” e “válvula” relacionados

b) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “**bomba**” relacionado com “**válvula**”.

RES 168-2004. Data do Evento:24/12/2004.

Contaminacao do piso na elevacao -1,10 m do Edificio Auxiliar Sul EAS.

Causa Principal: **Falha Humana**. Nao **aderencia ao procedimento**.

Investigacao do Evento:

Como o **alarme** de nivel muito alto atua com nivel de 65% (1070 mm) no POCO da **bomba**, sem a contribuicao da descarga da **valvula** acima, sempre houve um intervalo de tempo razoavel ate o **transbordamento**, tempo este que permitia ao operador local acionar as **bombas** dentro de um prazo adequado. Pelo Historico de Manutencao (MAXIMO) a manutencao das chaves de nivel, modelo A-153-F da Magnetrol, e dificultada pela falta de sobressalentes e pelo **envelhecimento do equipamento**, inclusive apresentando **falhas** e com o conjunto de basculamento sem recuperacao.

Conclusao:

O **transbordamento** da agua do POCO das DR-10A e DR-10B para o piso da elevacao -1,10 m do Edificio Auxiliar Sul - EAS ocorreu devido a nao atuacao automatica das **bombas** do POCO da lavanderia, causado pela pratica utilizada pela Operacao estar em desacordo com o **procedimento** PO-S 51 "SISTEMA DE DRENOS DOS EQUIPAMENTOS E PISOS". Como causa contribuidora identificamos a **valvula** de agua potavel na "HOT SHOP" deixada aberta indevidamente drenando continuamente para o ralo do piso da sala.

RES 205-2008. Data do Evento: 09/11/2008.

Transbordamento do Liner durante Operacao de Transferencia do Concentrado do Evaporador de Rejeito.

Causa Principal: **Falha humana - Falta de aderencia a procedimento**.

Investigacao do Evento:

A rotina para a execucao da transferencia do concentrado do evaporador de rejeito para o Liner e feita conforme PO-S 44 item 6.3.2. No evento em questao, durante o alinhamento para a lavagem das linhas de transferencia do concentrado, utilizando a **bomba** de alimentacao do evaporador de rejeito para liners, a **valvula** WEV-33 (ver Fig. 1) foi deixada indevidamente no modo de descarga, causando a transferencia da agua contida no evaporador para o liner e o conseqüente **transbordamento** do mesmo para o piso da sala da estacao de encapsulamento.

Conclusao:

O **transbordamento** do "Liner" para o piso e sua conseqüente transferencia para o TDP, foi originado pelo **alinhamento indevido** da **valvula** WEV 33, constituindo uma **falha de aderencia ao procedimento** PO-S 44.

RES 170-2009. Data do Evento: 06/11/2009.

Desarme intermitente da **bomba** do R11/12

Relacionado à Performance Humana : **Falha Humana**.

Descricao Sumaria: Na data supracitada, a **bomba** de ar dos canais de monitoracao de radiacao R11/12 foi isolada para avaliacao da Manutencao, apos a mesma ter sofrido dois desarmes automaticos sucessivos.

Analise:

O problema basico deste evento diz respeito aos sucessivos desarmes da unidade de monitoracao de **radiacao** do canal R11112 e nao exatamente a questao da eficiencia volumetrica da bomba. Esta distincao e feita pois no combate ao problema foi dada muita atencao ao valor do fluxo de ar aspirado pela **bomba**, uma linha de acao que levou a varias trocas de **bomba** sem se conseguir um resultado positivo, enquanto que os reais fatores causando os desarmes permaneciam incognitos. A razao para tal e que o filtro de ar na entrada do **equipamento** impoe uma grande **perda de carga** ao sistema, como ficou demonstrado ao se abrir a **valvula** de desvio do **filtro** e se conseguir mais de 300 l/min no fluxometro.

Conclusao:Causa Direta: Atuacao indevida das **chaves de fluxo** e de alta **pressao** no filtro devido à altas **vibracoes**.

A Tabela 7 lista os possíveis precursores dos eventos RES que possuem os conceitos “*bomba*” e “*válvula*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 7: Possíveis precursores de eventos que possuem os conceitos “*bomba*” e “*válvula*” relacionados

| | | |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Abertura Indevida da Válvula | Falta de Aderência ao Procedimento | Sobrevelocidade |
| Alinhamento Indevido | Fechamento Indevido da Válvula | Subtensão Barra de Serviço |
| Contaminação | Flange da Válvula | Sujeira e Lama |
| Corrosão | Mufla | Temperatura |
| Desgaste Natural | Partículas de Grafite | Tensão |
| Elemento Filtrante | Pressão | Transbordamento |
| Envelhecimento de Equipamento | Procedimento Incompleto | Trinca |
| Equipamento | Quebra da Mola | Vazamento |
| Falha Elétrica | Rachadura | Vazão do Vapor |
| Falha Humana | Redução de Carga | Vedação |
| Falha na Solda | Ruptura | Vibração |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os 11 eventos que possuem o conceito “*bomba*” relacionado com o conceito “*válvula*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor técnico e precursor humano.

c) A Figura 16 representa a rede semântica do conceito “*bomba*” relacionado com “*motor*”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

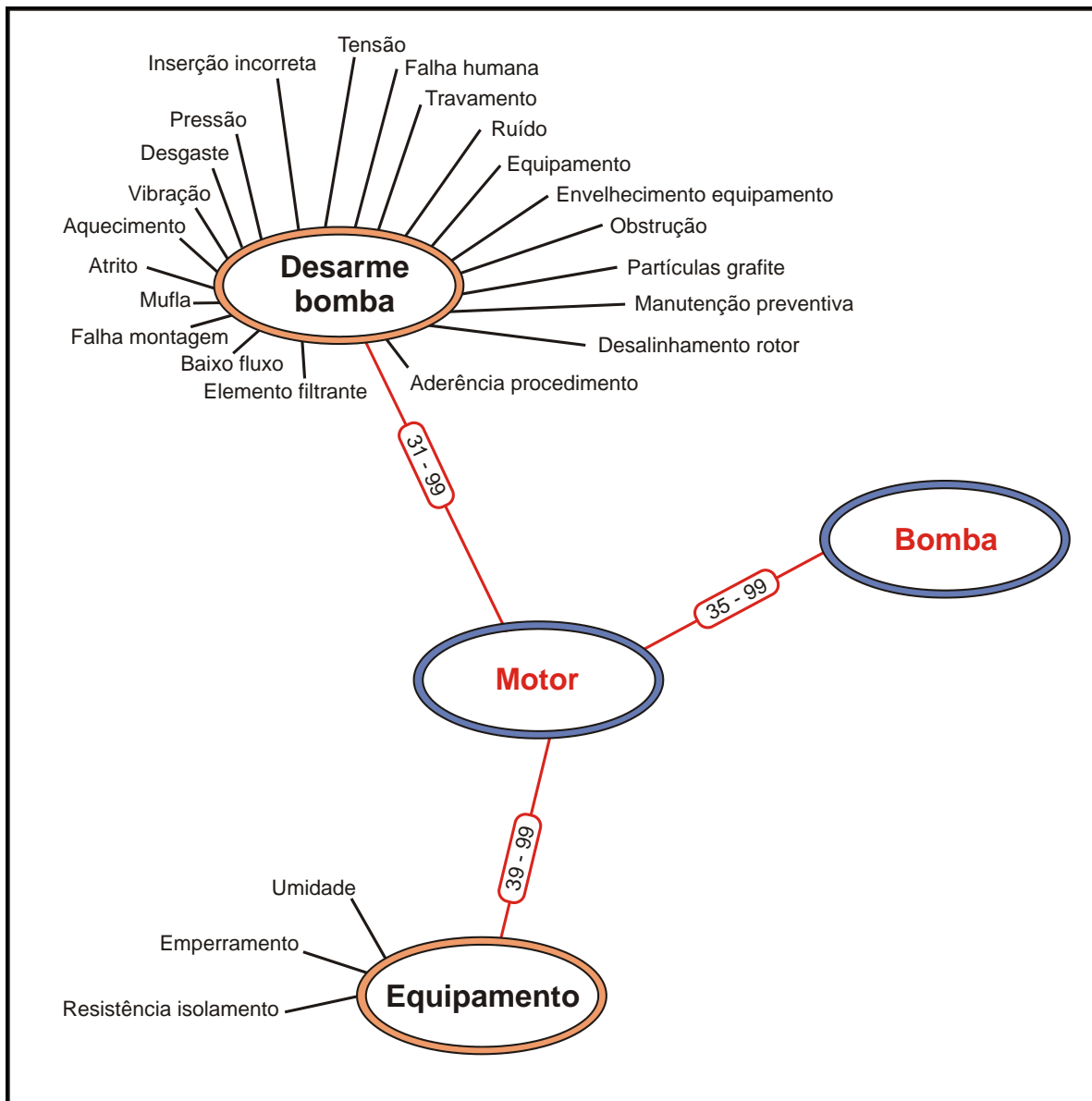


Figura 16: Rede Semântica dos conceitos “*bomba*” e “*motor*” relacionados

c) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “**bomba**” relacionado com “**motor**”:

RES 028-2008. Data do Evento: 29/01/2008.

Baixa resistencia de Isolamento da chave de transferencia da **bomba** de Agua de Servico SW-1C

Causa Principal: Falha de **Equipamento**. **umidade na chave de transferencia**

Descricao Sumaria: Por volta das 11:30h do dia 29/01/2008, foi verificado pela equipe de manutencao, durante execucao do PM-E 007 (Desconexao e Reconexao. de motores da Usina). que a alimentacao eletrica do **motor da bomba** SW-1C apresentava baixa resistencia de **Isolamento**, fato este que impede a conexao da **bomba** SW-1C na barra de segurancia, tomando-a Indisponivel para operacao.

Conclusao:

Tendo em vista que foi observado muita **umidade** no Interior do painel da chave de transferencia de barra do **motor da bomba** SW-1C e que a resistencia de **Isolamento** do motor + cabos + chave melhorava na medida que a chave era **aquecida**, considerando que foi realizado megger do **motor** desconectado e este apresentou valor adequado, fica evidente que a baixa resistencia de **Isolamento** observada durante o teste de megger foi causada pela **umidade** na chave de transferencia.

RES 179-2008. Data do Evento: 23/09/2008.

Desarme da bomba auxiliar de oleo lubrificante da bomba centrifuga de carregamento 1

Incidentes Semelhantes: sim. RES 178-2007.

Causa Principal: Desempenho Humano - **erro de montagem de rolamento**.

Fatos relevantes ocorridos durante o evento:

Foi verificado que o rele termico do **motor** da referida **bomba** estava atuado. Foi medida a corrente do motor da **bomba** ALP-1 que apresentou o valor medio de 1.7 A, coincidente com o valor nominal de placa.

Na verificacao local das condicoes normais de operacao, percebeu-se que um dos aneis de selagem do mancal da **bomba** do lado do **motor** estava solto do eixo. Isto foi verificado porque o mesmo estava girando em uma velocidade menor que a rotacao do eixo da bomba onde o mesmo deveria estar fixado.

Conclusao:

A investigacao levou a conclusao que uma falha prematura do rolamento traseiro do **motor** causou os seguidos **desarmes da bomba** auxiliar de oleo lubrificante, ALP-1. A falha, ou foi decorrente da colocacao em uso de um rolamento com pouca vida util residual devido ao **envelhecimento** da graxa, ou foi consequencia de **um erro de montagem** dos eletricitas que executaram a SOT preventiva 200712948 em 29/12/2008. Uma combinacao dessas possibilidades pode tambem ter ocorrido. A falha poderia ter sido evitada caso as **vibracoes** do equipamento estivessem sendo monitoradas em rotina pelo programa de manutencao preditiva

Recomendacoes:

1- Alterar a frequencia de troca dos rolamentos dos **motores** ALP1 e ALP2. de 6 para 3 anos.

2- Incluir no programa de manutencao preditiva a medicao semestral das vibracoes nas **bombas** e **motores**.

A Tabela 8 lista os possíveis precursores dos eventos RES que possuem os conceitos “*bomba*” e “*motor*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 8: Possíveis precursores de eventos que possuem os conceitos “*bomba*” e “*motor*” relacionados

| | | |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Aquecimento | Equipamento | Partículas de Grafite |
| Atrito | Falha de Montagem | Pressão |
| Baixo Fluxo | Falha Humana | Ruído |
| Desalinhamento do Rotor | Falta de Aderência ao Procedimento | Tensão |
| Desgaste natural | Inserção Incorreta | Travamento |
| Elemento Filtrante | Isolamento | Umidade |
| Emperramento | Mufla | Vibração |
| Envelhecimento de Equipamento | Obstrução | |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os 10 eventos que possuem o conceito “*bomba*” relacionado com o conceito “*motor*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor técnico e precursor humano.

d) A Figura 17 representa a rede semântica do conceito semântico “bomba” relacionado com “procedimento”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

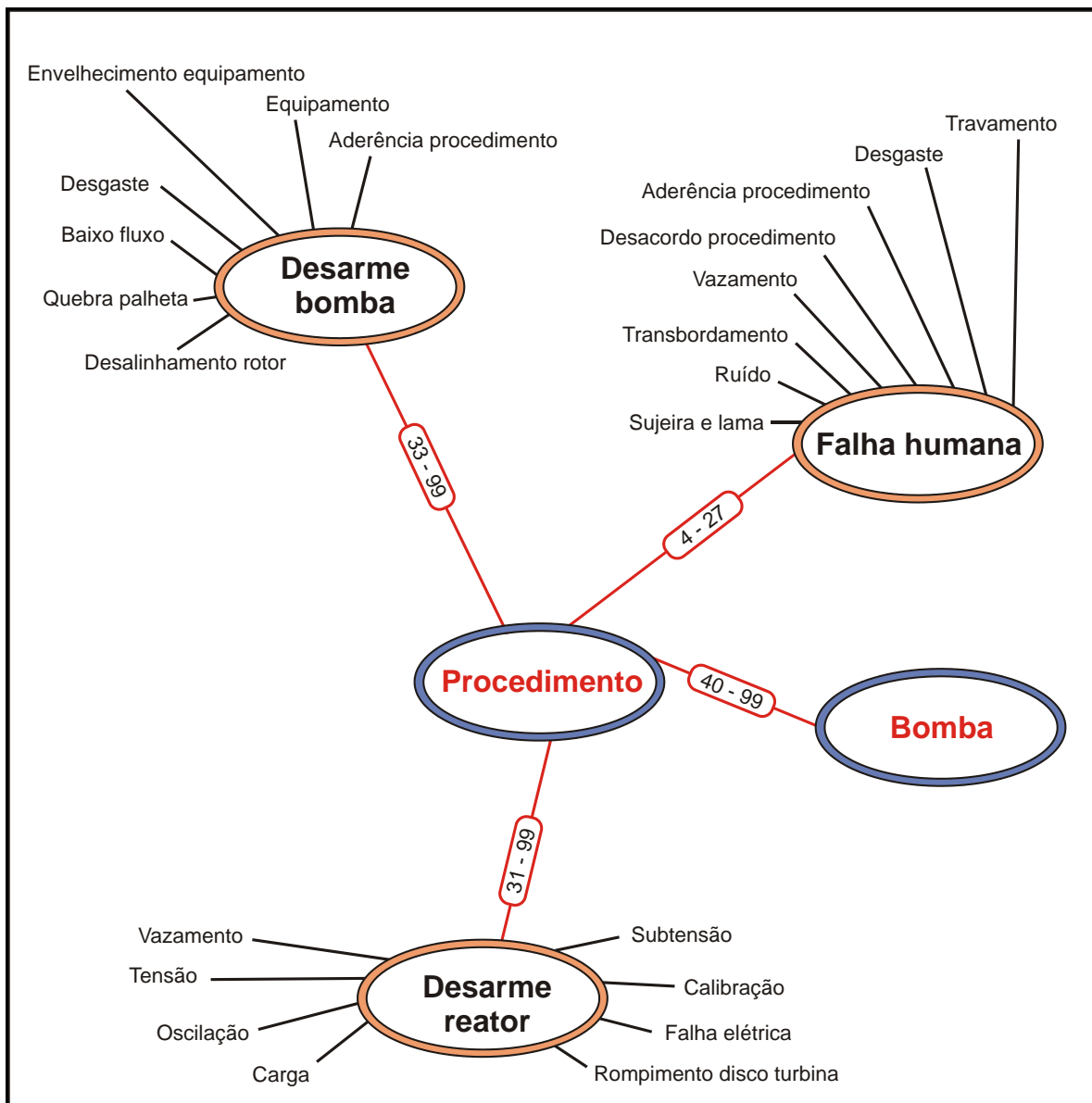


Figura 17: Rede Semântica dos conceitos “bomba” e “procedimento” relacionados

d) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “**bomba**” relacionado com “**procedimento**”.

RES 010-2010. Data do Evento: 01/02/2010.

Desarme da bomba RE-11/12 por baixo fluxo.

Incidentes Semelhantes: sim. RES 170.2009. Performance **Humana**: sim.

Descricao Sumaria: No dia 01/02/2010 as 20h50min ocorreu o **desarme da bomba** do RE-11 e 12. Apos a inspecao local, o operador verificou que a **bomba** desarmou por baixo fluxo durante uma nova tentativa de partida.

Investigação do evento: Durante a revisao da **bomba** n. 7 foram encontradas as **palhetas** quebradas, o que justifica o fluxo zerado indicado. Ainda foram encontradas folgas fora dos limites estabelecidos no **procedimento** de manutenção mecanica do equipamento, o PM-M 128, e **desgaste** acentuado na carcaca da bomba indicando o **atrito** metal com o **rotor**. Antes de revisarem a **bomba** n 3, os tecnicos da manutencao testaram a **bomba** no simulador da oficina e verificaram a **bomba** atingir 11,5 CFM. Depois da desmontagem verificaram que as **palhetas** estavam menores do que as medidas indicadas no **procedimento** de manutencao, indicando um desgaste acentuado das palhetas e o que diminuiu a eficiencia da **bomba**.

RES 206-2008. Data do Evento: 11/11/2008.

Ruido Anormal na **bomba** do RE-11 e RE-12.

Causa Principal: **Falha Humana** - Falha de montagem do conjunto da **bomba**.

Conclusao:

Apos a inspecao, podemos concluir que de fato houve um rocamento do rotor na carcaca da **bomba**, e que o mesmo ocorreu devido a uma **falha na montagem do conjunto**. Analisando o **procedimento**, verificamos que ha um erro no item 6.2.4, onde se manda verificar a folga radial entre o rotor e a carcaca da **bomba** de $0,005 \pm 0001'$ (RE5 111.2008), quando, na verdade, deve-se verificar a folga axial.

Recomendacoes:

- 1- Revisar a **bomba** danificada, substituindo e/ou reparando os componentes danificados e remonta-la verificando passo a passo o **procedimento** (PMM 128), com o objetivo de identificar se e necessario adicionar ou alterar algum item.
- 2- Revisar o **procedimento** PMM 128, corrigindo o item 6.2.4 (substituir radial por axial).

RES 002-2005. Data do Evento: 01/01/2005.

Desarme da unidade devido ao distúrbio do Sistema Eletrico com perda simultanea das Subestacoes de 500 e 138kV.

Descricao Sumaria: As 18:31 h de 01/01/2005 ocorreu o **desarme do Reator** por subtensao nos barramentos de servico devido à distúrbio no sistema eletrico, com perda simultânea das subestacoes de 500 e 138 KV.

Investigação do evento:

Aparentemente, o desarme da AF-2 se deu devido ao controlador no Painel Principal, por **procedimento**, ficar na posicao 0%, correspondente a demanda de abertura maxima da valvula governadora, que coincidente com a alta pressao de vapor no momento da rejeicao da Turbina pelo seu desligamento, poderia criar condicoes de levar a **bomba** a condicao de sobrevelocidade.

A Tabela 9 lista os possíveis precursores dos eventos RES que possuem os conceitos “*bomba*” e “*procedimento*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 9: Possíveis precursores de eventos que possuem os conceitos “*bomba*” e “*procedimento*” relacionados

| | | |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Baixo Fluxo | Equipamento | Ruído |
| Calibração | Falha Elétrica | Subtensão |
| Carga | Falha Humana | Sujeira e Lama |
| Desacordo com Procedimento | Falta de Aderência ao Procedimento | Tensão |
| Desalinhamento do Rotor | Oscilação | Transbordamento |
| Desgaste | Quebra da Palheta | Travamento |
| Envelhecimento de Equipamento | Rompimento do Disco da Turbina | Vazamento |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os eventos que possuem o conceito “*bomba*” relacionado com o conceito “*procedimento*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor técnico e precursor humano.

5.3.4 Pré-processamento do *Corpus* de Textos ORO

Nessa etapa, o algoritmo de pré-processamento realizou a análise linguística e a análise semântica dos textos e gerou a rede neural, como mostra a Figura 18, representando a opção da estrutura de tópicos, contendo todos os conceitos de grande importância semântica e suas respectivas frequências de ocorrências, os pesos estatísticos individuais dos conceitos e os pesos estatísticos dos relacionamentos entre os conceitos.

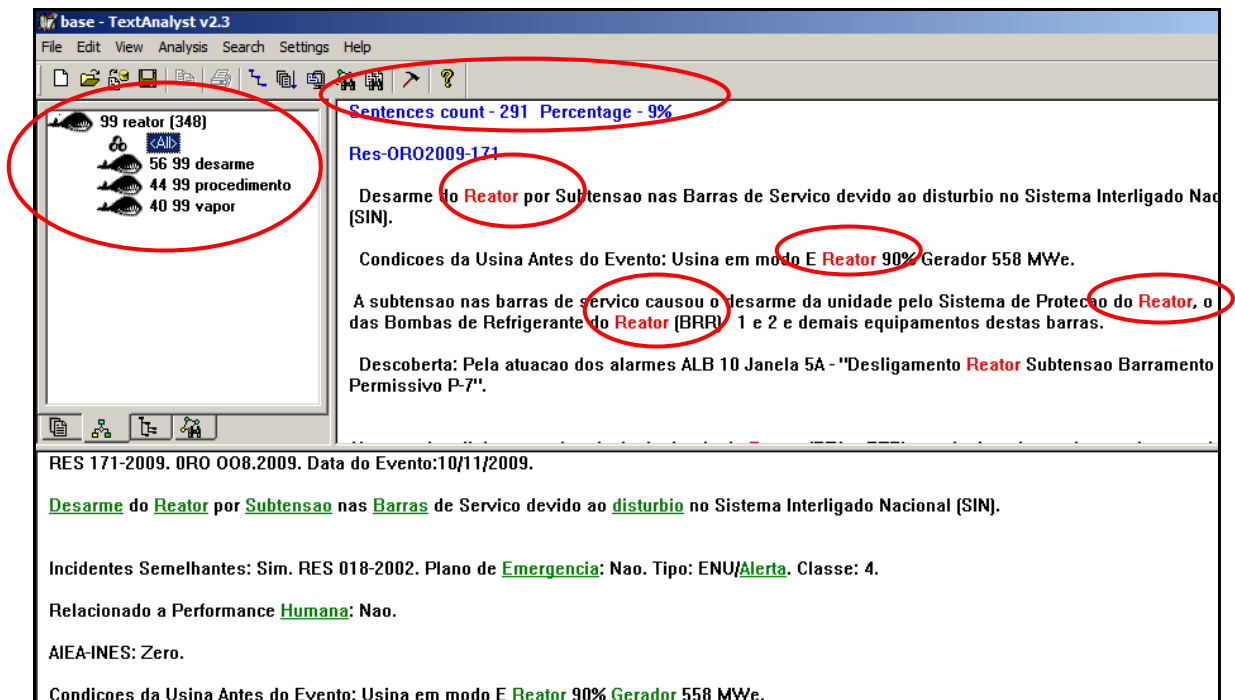


Figura 18: Estrutura de Tópicos do *Corpus* de Textos ORO

A estrutura de tópicos, do *Corpus* de textos ORO, na Figura 18 exibe o conceito “*reator*” como nó raiz da árvore e os conceitos “*desarme*”, “*procedimento*” e “*vapor*” relacionados ao conceito “*reator*” ordenados, de modo descendente, pelos respectivos pesos estatísticos dos relacionamentos. Os conceitos “*reator*”, “*desarme*”, “*procedimento*” e “*vapor*” receberam o mesmo peso estatístico individual: 99. O conceito “*reator*” possui uma frequência de 348 ocorrências em todo o *Corpus*. O peso estatístico do relacionamento do conceito “*desarme*” com o conceito “*reator*” é 56. O peso estatístico do relacionamento do conceito “*procedimento*” com o conceito “*reator*” é 44. O peso estatístico do relacionamento do conceito “*vapor*” com o conceito “*reator*” é 40. No *Corpus*, o conceito “*reator*” foi encontrado em 291 sentenças, as quais correspondem a 9% de sentenças do corpus.

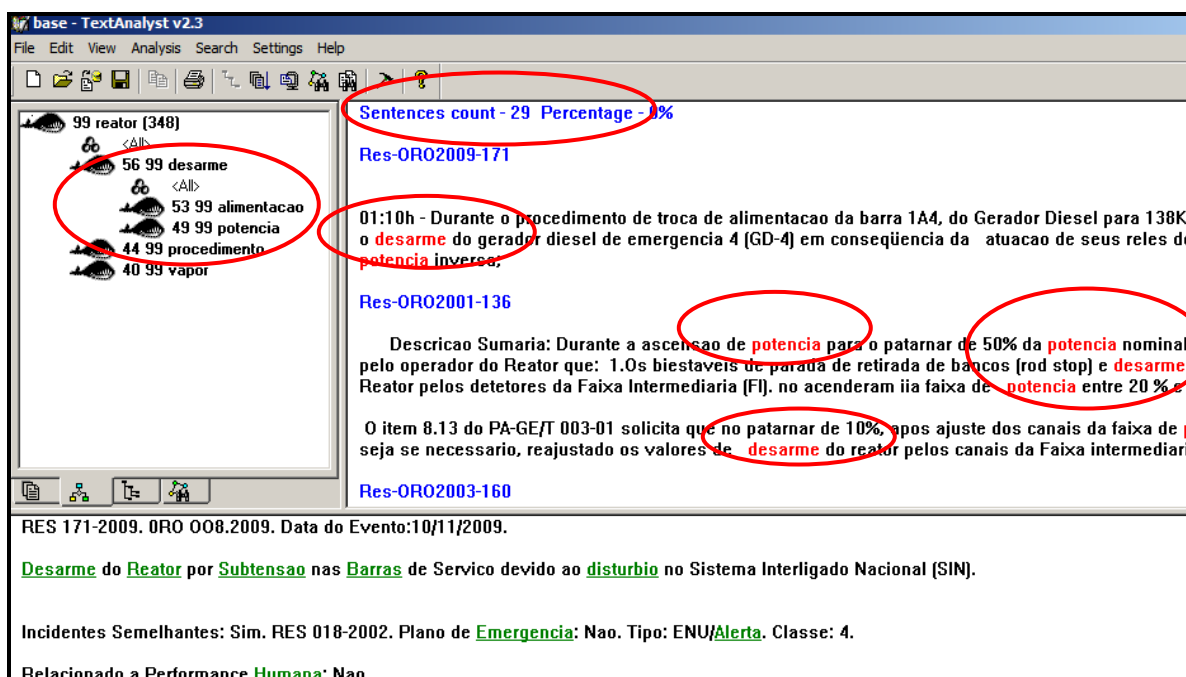


Figura 19: Estrutura de Tópicos do *Corpus* de Textos ORO exibindo relacionamentos do conceito *Desarme*”

Na Figura 19 a estrutura de tópicos exibe alguns relacionamentos do conceito “*desarme*” com seus respectivos pesos estatísticos individuais e seus pesos estatísticos de relacionamento. O conceito “*potencia*” relacionado ao conceito “*desarme*” apareceu em 29 sentenças do *Corpus*.

5.3.5 Processamento do *Corpus* de Textos ORO

Como mostra a Figura 20, a rede semântica foi gerada com “2233 nodos” representando todos os conceitos analisados no corpus com seus respectivos pesos semânticos, ajustados, atendendo aos limites definidos. A rede semântica foi ordenada pela frequência de ocorrência dos conceitos e como pode ser visto o conceito de maior frequência foi “*reator*” com 348 ocorrências e 291 sentenças no *Corpus*. O conceito “*reator*” está representado como um *hyperlink*, em cada sentença, para o texto correspondente.

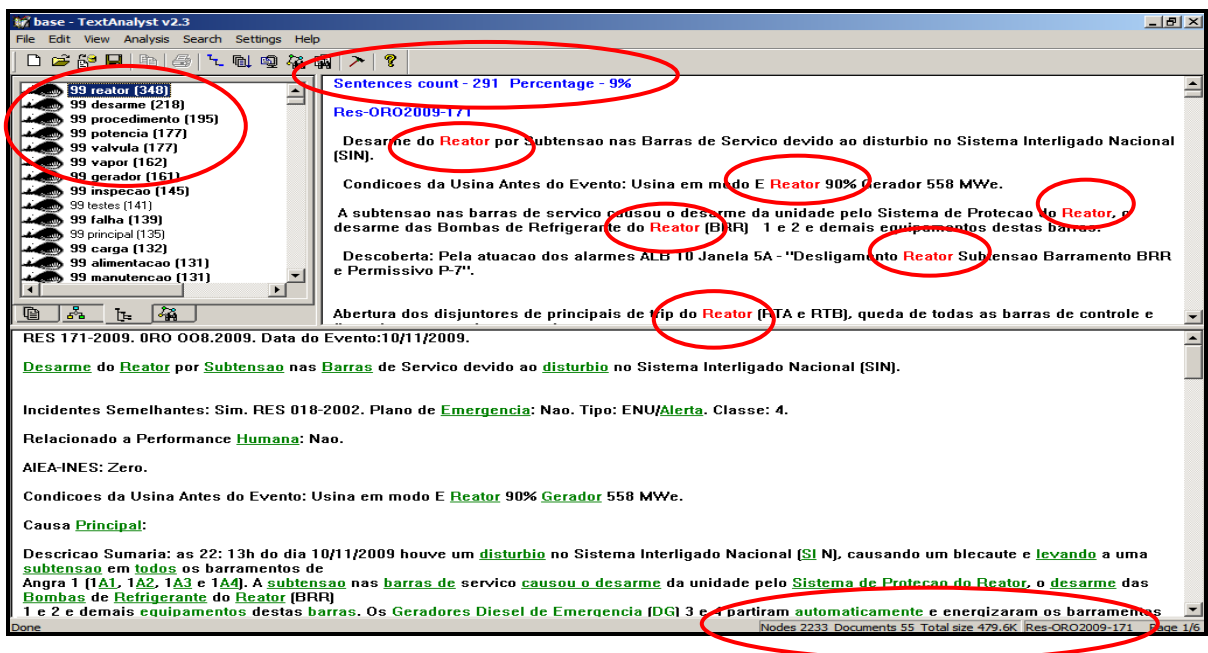


Figura 20: Rede semântica do *Corpus* de textos ORO

Ao final do processamento a ferramenta (TA) mantém a base de conhecimento composta do *Corpus* de textos ORO, da estrutura de tópicos, da rede semântica, dos *hyperlinks* e do dicionário de palavras.

5.3.6 Pós-Processamento do *Corpus* de Textos ORO

Essa etapa tem como objetivo a análise, validação e visualização do conhecimento gerado sobre o *Corpus* de textos ORO.

5.3.6.1 Análise e Validação do Conhecimento

A figura 21 mostra um subconjunto de nodos da rede semântica ordenados descendentemente pela frequência de ocorrência dos conceitos, onde se pode ver que os conceitos “*reator*”, “*desarme*” e “*procedimento*” foram os mais frequentes nos ORO processados.

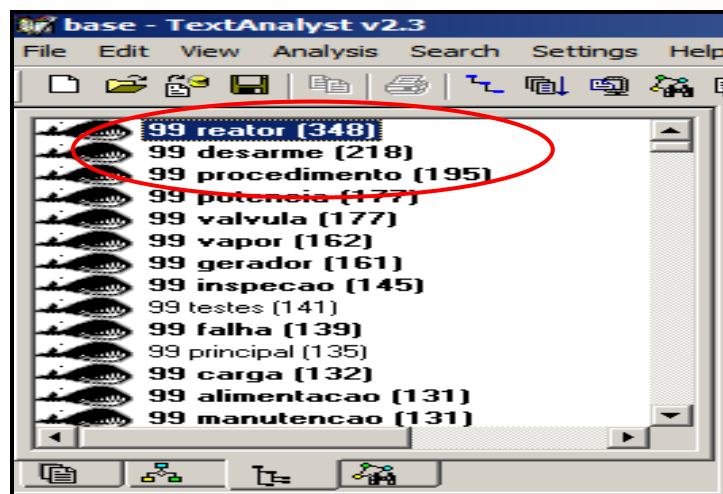


Figura 21: Rede semântica do *Corpus* de textos ORO

De acordo com a proposta da metodologia para a análise e validação do conhecimento gerado os conceitos *“reator”*, *“desarme”* e *“procedimento”*, por serem os mais frequentes, deveriam ser selecionados. Mas, navegando na opção da rede semântica, pode-se verificar que os textos em que o conceito *“reator”* é referenciado são, na maioria, os mesmos textos em que o conceito *“desarme”* também é referenciado. Logo, para uma melhor identificação e seleção de possíveis precursores foram selecionados os conceitos *“reator”* e *“procedimento”* juntamente com os seus respectivos conceitos relacionados cujos pesos de relacionamento (força do relacionamento) foram maiores ou iguais a 20 e com recorrência em eventos maior ou igual a 3, isto é, ocorridos em no mínimo 3 eventos , como mostra a Tabela 10.

Tabela 10: Dados para a Análise do Conceito “reator”.

| Conceito Semântico | Conceito Semântico Relacionado | Peso Semântico do Relacionamento | Quantidade de Eventos | Frequência de Ocorrência | Quantidade de Sentenças |
|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| Reator | | | 46 | 348 | 291 |
| | Desarme | 56 | 19 | 134 | 99 |
| | Potência | 42 | 14 | 94 | 77 |
| | Vapor | 41 | 11 | 24 | 21 |
| | Falha | 37 | 6 | 10 | 8 |
| | Carga | 36 | 11 | 34 | 31 |
| | Válvula | 35 | 6 | 13 | 11 |
| | Bomba | 34 | 9 | 38 | 27 |
| | Pressão | 27 | 5 | 6 | 5 |
| | Ajuste | 26 | 7 | 18 | 17 |
| | Temperatura | 26 | 5 | 8 | 8 |
| | Vazamento | 25 | 3 | 4 | 4 |
| | Refrigerante | 21 | 8 | 21 | 20 |

Conforme a Tabela 10, o conceito “*reator*” ocorreu em 46 dos 55 eventos ORO processados. O relacionamento de “*reator*” com “*desarme*” é o de maior força, isto é, de maior peso de relacionamento (56). O relacionamento de “*reator*” com “*potência*” é o que possui a maior quantidade de eventos, isto é, 14 dos 46 eventos de “*reator*”. O relacionamento de “*reator*” com “*vapor*” é o que possui a segunda maior quantidade de eventos, isto é, 11 dos 46 eventos de “*reator*”.

Como mostra a Tabela 11, o conceito “*procedimento*” ocorreu em 43 dos 55 eventos ORO processados. O relacionamento de “*procedimento*” com “*manutenção*” é o de maior força, isto é, de maior peso de relacionamento (45). Os relacionamentos de “*procedimento*” com “*falha*” e “*procedimento*” com “*potencia*” possuem a maior quantidade de eventos, isto é, 8 dos 43 eventos de “*procedimento*”.

Tabela 11: Dados para a Análise do Conceito “**Procedimento**”.

| Conceito Semântico | Conceito Semântico Relacionado | Peso Semântico do Relacionamento | Quantidade de Eventos | Frequência de Ocorrência | Quantidade de Sentenças |
|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| Procedimento | | | 43 | 195 | 183 |
| | Manutenção | 45 | 14 | 24 | 22 |
| | Vazamento | 34 | 3 | 6 | 6 |
| | Válvula | 33 | 6 | 17 | 12 |
| | Falha | 32 | 8 | 8 | 8 |
| | Vapor | 31 | 3 | 9 | 8 |
| | Potência | 31 | 8 | 12 | 12 |
| | Segurança | 30 | 5 | 6 | 5 |
| | Carga | 29 | 6 | 8 | 6 |
| | Ajuste | 27 | 7 | 12 | 11 |
| | Bomba | 26 | 5 | 7 | 6 |
| | Temperatura | 25 | 3 | 6 | 6 |
| | Trem | 23 | 4 | 11 | 8 |

Utilizando o recurso de busca semântica da ferramenta (TA) (Figura 22), pode-se ver o exemplo de evento ORO (Figura 23), que possuem os conceitos selecionados para a análise e a validação do processamento e seus respectivos relacionamentos.

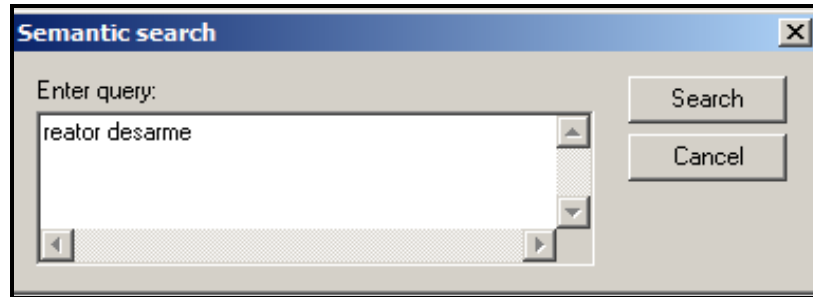


Figura 22: Busca semântica dos conceitos “Reator” e “Desarme” relacionados

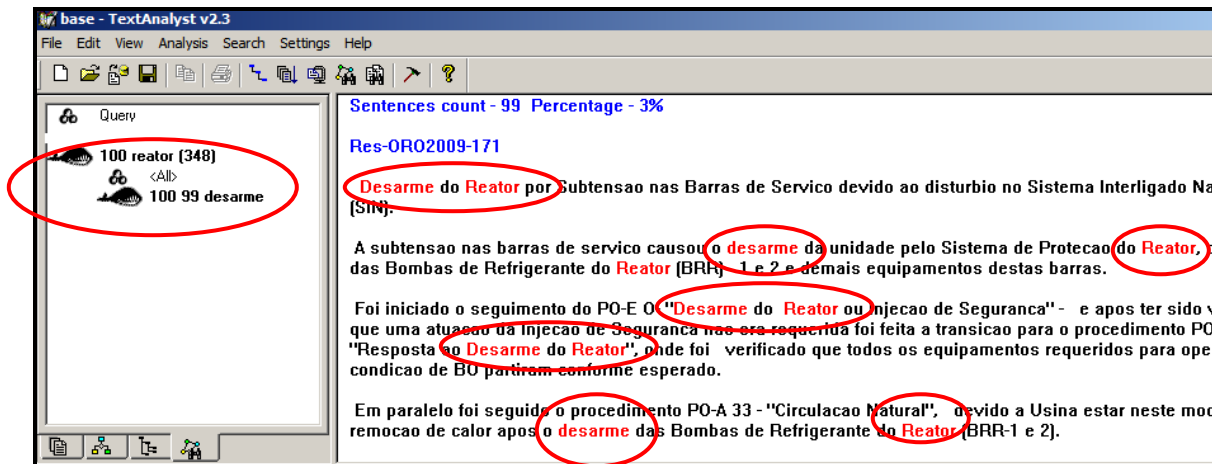


Figura 23: Exemplo de um resultado da busca semântica do Conceito “Reator” relacionado com “Desarme”

Na etapa de pós-processamento, a base de conhecimento mantida pela ferramenta (TA) permitiu análises comparativas para a identificação de relações e padrões importantes entre os conceitos. Através dessas análises foram identificados e selecionados alguns possíveis precursores dos ORO.

Para uma melhor visualização e compreensão dos possíveis precursores identificados e selecionados foram utilizadas representações gráficas das respectivas redes semânticas, como mostram as Figuras (24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32) e alguns exemplos de textos retirados dos ORO processados.

a) As Figuras 24 e 25 representam a rede semântica do conceito “reator” relacionado com “desarme”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

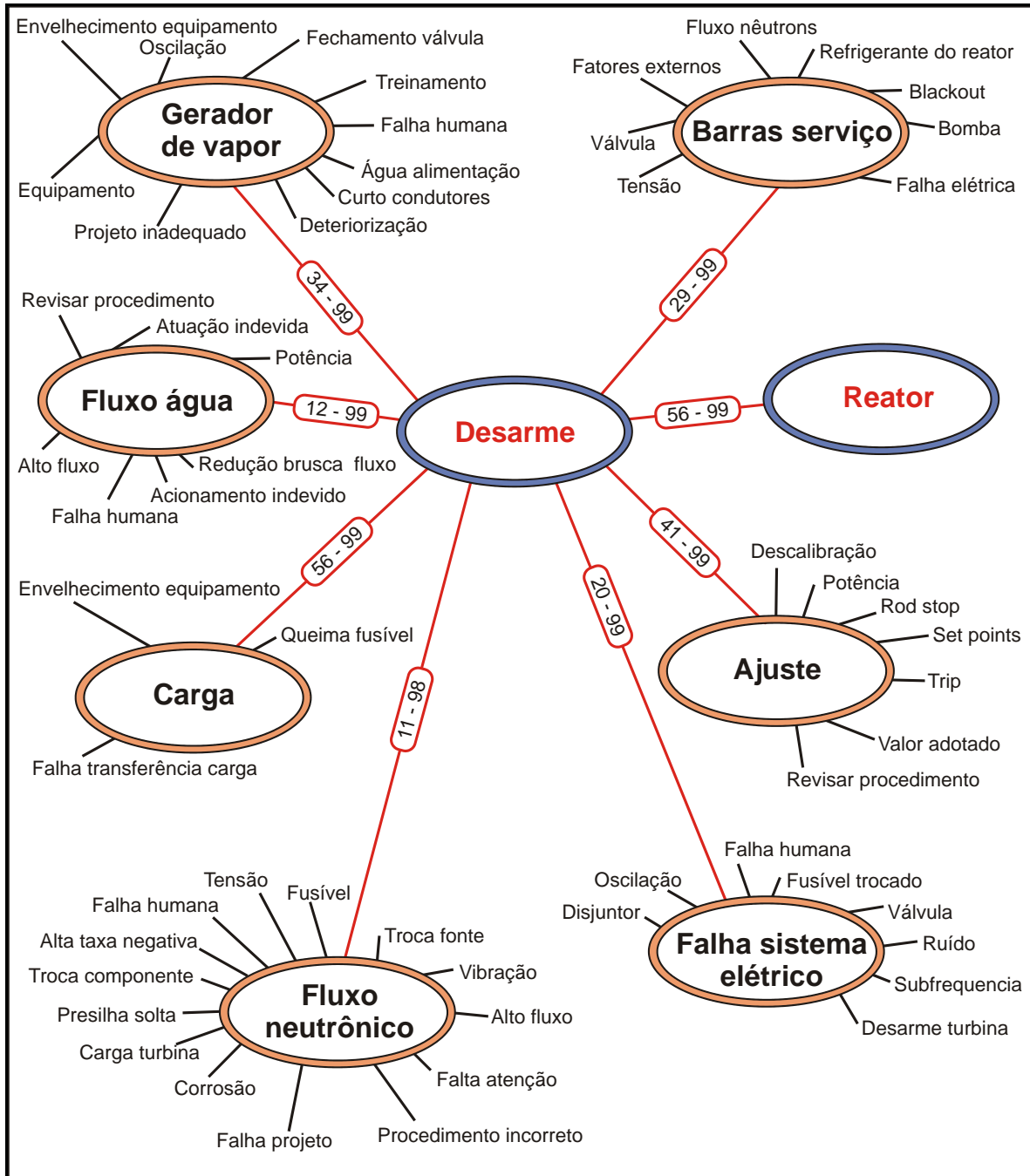


Figura 24: Rede Semântica dos conceitos semânticos “reator” e “desarme” relacionados

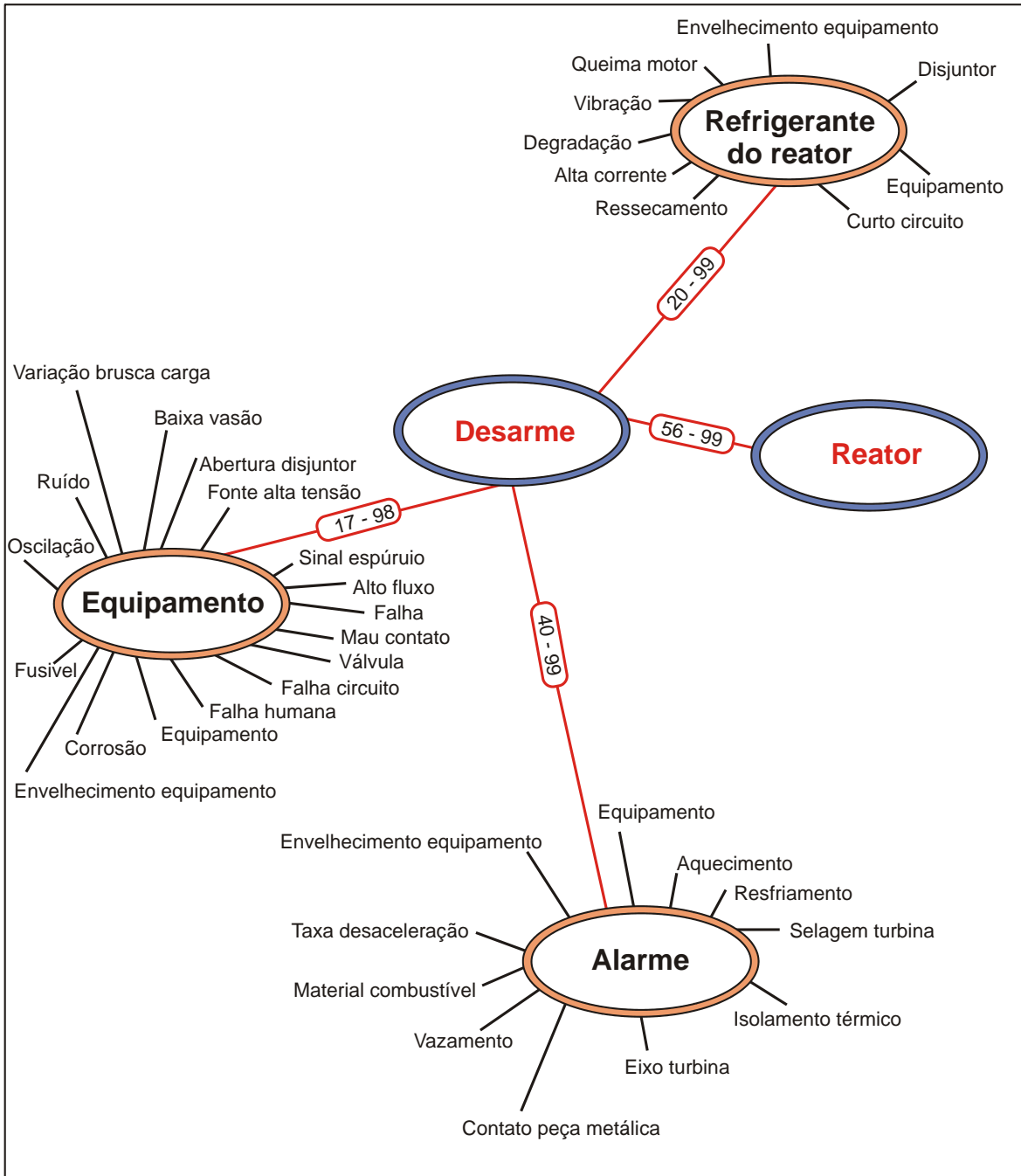


Figura 25: Rede Semântica dos conceitos semânticos “reator” e “desarme” relacionados (continuação)

b) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “**reator**” relacionado com “**desarme**”.

RES 171-2009. ORO 008.2009. Data do Evento:10/11/2009.

Desarme do Reator por **Subtensao nas Barras de Servico** devido ao **disturbio no Sistema Interligado Nacional (SIN)**.

Incidentes Semelhantes: Sim. RES 018-2002. Plano de Emergencia: Nao. Tipo: ENU/Alerta. Classe: 4.

Investigacao do Evento:

Foi iniciado o seguimento do PO-E O- "**Desarme do Reator** ou Injecao de Seguranca" - e apos ter sido verificado que uma atuacao da Injecao de Seguranca nao era requerida foi feita a transicao para o procedimento PO-ES 0.1 - "Resposta ao **Desarme do Reator**", onde foi verificado que todos os equipamentos requeridos para operarem numa condicao de BO partiram conforme esperado.

Conclusao: Tendo em vista as informacoes contidas no PA-OP 13 - "Revisao Apos Um **Desarme do Reator** ou Atuacao dos Sistemas de Seguranca" - este evento foi classificado como de "Condicao I: A causa do desarme e garantidamente conhecida e foi corrigida; todos equipamentos relacionados com a seguranca ou equipamento importante, operaram corretamente durante o desarme."

Causa Direta: **Subtensao no Sistema Eletrico Interligado**. Descricao do Codigo da Causa Direta (Codigo): **Baixa Tensao, queda de tensao** (0204).

Causa Raiz: **Disturbio no Sistema Interligado Nacional (SIN)**, levando a uma **subtensao** em todas as barras, causando o desarme da unidade.

RES 209-2008. ORO 008-2008. Data do Evento: 16/11/2008.

Desarme Manual do **Reator** devido a **Variacao Brusca de Carga**.

Causa Principal: **Equipamento - falha do circuito conversor Analogico/Digital**.

Sequencia de Fatos e Acoes Tomadas: Mediante o cenario apresentado foi diagnosticado que havia sido perdido o controle do Turbogenerador com os reflexos no controle de barras do Reator. Dessa forma, foi desarmado manualmente o Reator as 13:58h e foram seguidos os procedimentos de emergencia PO-E O (**Desarme do Reator** ou Injecao de Seguranca) e o PO-ES 0.1 (Resposta ao **desarme do Reator**).

Conclusao: A causa direta das **oscilacoes da carga** no Turbo-Generador foi devido a atuacao do circuito "Fasting Valve" com o fechamento das Valvulas Interceptadoras das Turbinas de Baixa Pressao. A causa raiz do evento esta sendo atribuida a uma possivel **falha do circuito conversor Analogico/Digital do DEHC**, indicando um valor erroneo da **carga eletrica** para o controle das Valvulas Governadoras, discrepante com o ajuste do ponto de controle, causando a atuacao do circuito "Fasting Valve". A atuacao do Operador em desligar manualmente a Usina, quando se configurou dificuldade no controle da planta secundaria, foi acertada. A Unidade em nenhum momento apresentou risco a seguranca, nao chegando a ponto de atuacao de protecao automatica. O desligamento foi preventivo e antecipado.

A Tabela 12 lista possíveis precursores dos eventos ORO que possuem os conceitos “*reator*” e “*desarme*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 12: Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “*reator*” e “*desarme*”

| | | | |
|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Abertura do Disjuntor | Desarme da turbina | Fluxo Neutrons | Revisar Procedimento |
| Acionamento Indevido | Descalibração | Fonte de Alta Tensão | Rod Stop |
| Água de Alimentação | Desligamento da bomba | Fusível Trocado | Ruído |
| Ajuste | Deteriorização | Gerador de Vapor | Selagem da turbina |
| Alta Corrente | Disjuntor | Isolamento Térmico | Set points |
| Alta Taxa Negativa | Eixo da Turbina | Material Combustível | Sinal espúrio |
| Alto Fluxo | Envelhecimento do Equipamento | Mau Contato | Subfrequencia |
| Aquecimento | Equipamento | Oscilação | Subtensão das Barras Serviço |
| Atuação Indevida | Falha | Perda do Painel de Distribuição | Taxa de Desaceleração |
| Baixa Vazão | Falha de circuito | Potência | Tensão |
| Baixo Fluxo de Água | Falha de projeto | Presilha Solta | Treinamento |
| Blackout | Falha elétrica | Procedimento Incorreto | Trip |
| Bomba | Falha Humana | Projeto Inadequado | Troca de componente |
| Carga da turbina | Falha de Transferência da Carga | Queima do Fusível | Troca da fonte |
| Contato com Peça Metálica | Falta de Atenção | Queima do Motor | Valor Adotado |
| Corrosão | Fatores Externos | Refrigerante do Reator | Válvula |
| Curto circuito | Fechamento Indevido da Válvula | Resfriamento | Variação Brusca da Carga |
| Degradação | Fluxo Neutrônico | Ressecamento | Vazamento |
| | | | Vibração |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os eventos que possuem o conceito “*reator*” relacionado com o conceito “*desarme*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor de projeto e precursor humano.

c) As Figuras 26 e 27 representam a rede semântica do conceito “reator” relacionado com “potência”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

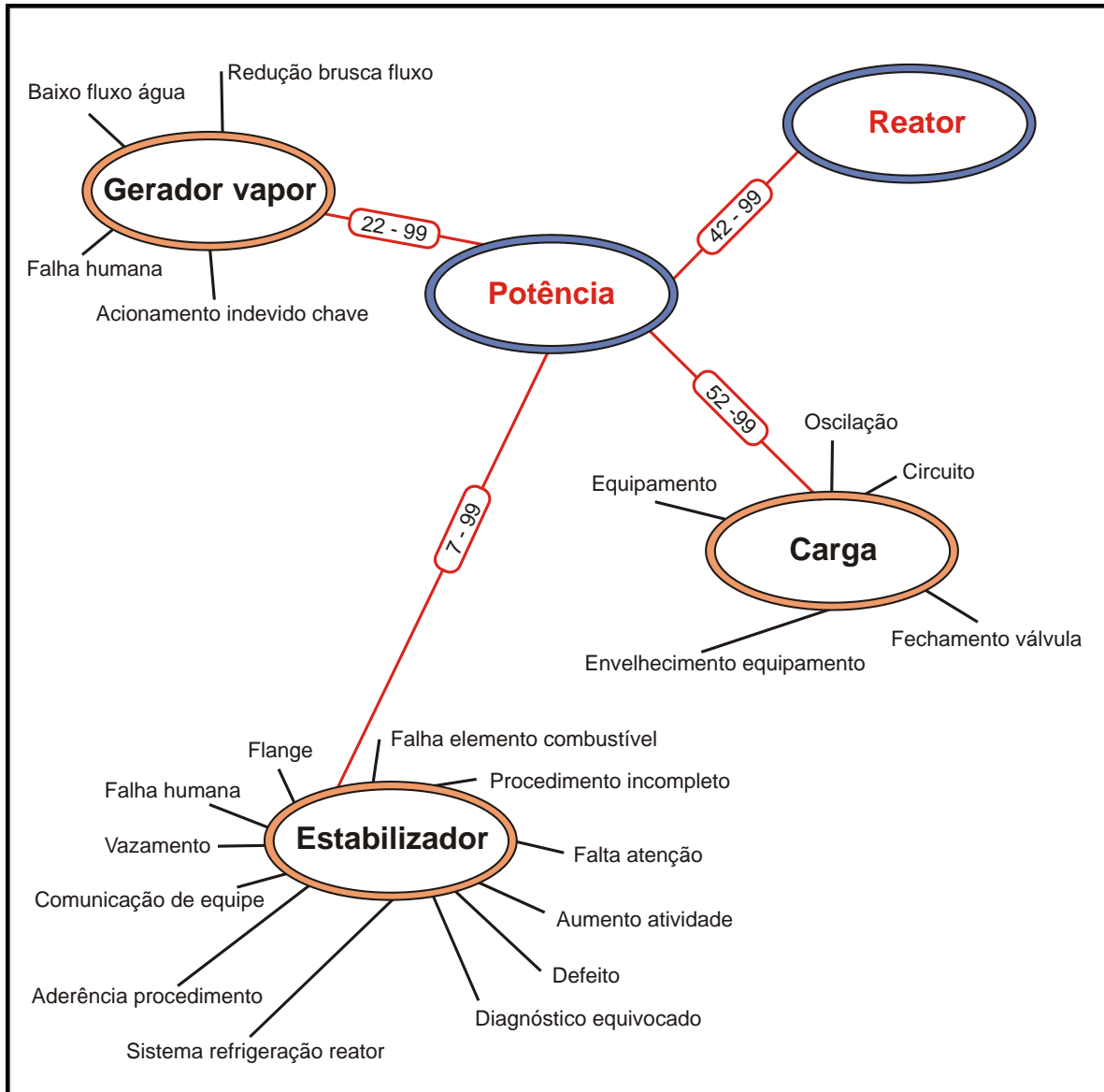


Figura 26: Rede Semântica dos conceitos semânticos “Reator” e “Potência” relacionados

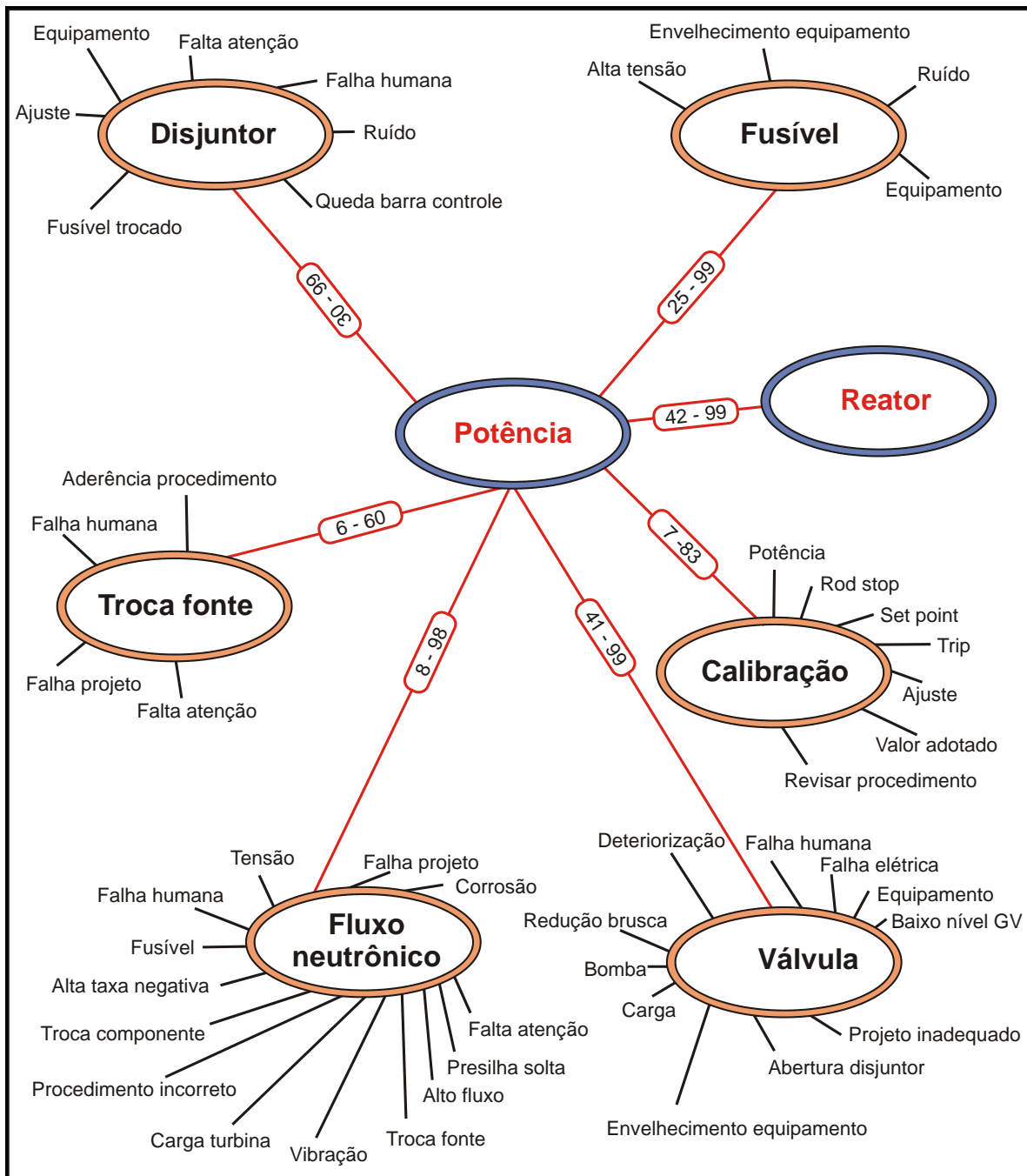


Figura 27: Rede Semântica dos conceitos semânticos “Reator” e “Potência” relacionados
(continuação)

d) A seguir exemplos de textos mostram o conceito “*reator*” relacionado com “*potência*”.

RES 209-2008. ORO 008-2008. Data do Evento: 16/11/2008.

Desarme Manual do **Reator** devido a **Variacao Brusca de Carga**.

Causa Principal: **Equipamento - falha do circuito** conversor Analogico/Digital.

Sequencia de Fatos e Acoes Tomadas:

No dia 16/11/2008 as 13:57h foi verificado pelo operador do **Reator** uma variacao na posicao do banco de controle D com retirada de barras para **ajuste da potencia do reator**. Imediatamente o Operador da Planta Secundaria BOP (inclui o controle do turbogerador), iniciou uma pesquisa para a causa do evento.

Conclusao:

A causa direta das **oscilacoes da carga** no Turbo-Gerador foi devido a atuacao do circuito "Fasting Valve" com o **fechamento das Valvulas** Interceptadoras das Turbinas de Baixa Pressao. A causa raiz esta sendo atribulda a uma possivel **falha do circuito** conversor Analogico/Digital do DEHC, indicando um valor erroneo da **carga eletrica** para o controle das **Valvulas** Governadoras, discrepante com o ajuste do ponto de controle, causando a atuacao do circuito "Fasting Valve". A atuacao do Operador em desligar manualmente a Usina, quando se configurou dificuldade no controle da planta secundaria, foi acertada. A Unidade em nenhum momento apresentou risco a seguranc, nao chegando a ponto de atuacao de protecao automatica. O desligamento foi preventivo e antecipado.

RES 092-2008. ORO 005-2008. Data do Evento: 12/04/2008.

Desarme do **Reator** por baixo nivel no GV-2 coincidente com **baixo fluxo** de agua de alimentacao principal.

Causa Principal: **Falha Humana - Acionamento indevido de chaves**.

Descricao Sumaria: As 06:02h do dia 18/04/2008 ocorreu o desarme do **reator** de Angra 1 devido a baixo fluxo de agua de alimentacao + baixo nivel do GV-2 durante o ajuste do "setpoint" de desligamento do **Reator** por Alto Fluxo na faixa de **Potencia** para 92,7% (PI-I 136 - troca de corrente da gaveta do detetor N-42) como parte do programa de **elevacao de carga** apos a parada para recarga.

Sequencia de Fatos e Acoes Tomadas: Estava em andamento o Procedimento PI-1136 (Troca de Corrente no Detetor N-42) para executar o **ajuste** de "setpoint" de desarme do **reator** pelos detetores de **potencia** nuclear, conforme requerido pelo programa de elevacao de carga apos a parada para recarga (PA-GEIT 001.2008).

Conclusao: A causa direta do desligamento, foi a **reducao brusca do fluxo** de alimentacao para o Gerador de Vapor 2, com um dos canais de protecao por baixo nivel do mesmo Gerador de Vapor ja atuado como parte do procedimento em andamento. A causa raiz esta sendo considerada a **atuacao inadvertida do tecnico** que estava executando o procedimento em chave diversa da indicada.

A Tabela 13 lista possíveis precursores dos eventos ORO que possuem os conceitos “*Reator*” e “*Potência*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 13: Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “*reator*” e “*potência*”

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Abertura do disjuntor | Deteriorização | Flange da Válvula | Set Points |
| Acionamento Indevido da Chave | Diagnóstico Equivocado | Fluxo Neutro | Sistema Refrigeração do Reator |
| Ajuste | Redução Brusca da Carga | Fusível | Tensão |
| Alta Taxa Negativa | Envelhecimento do Equipamento | Fusível Trocado | Trip |
| Alta Tensão | Equipamento | Oscilação | Troca de Componente |
| Alto Fluxo | Estabilizador | Potência | Troca Fonte |
| Aumento da Atividade | Falha de Circuito | Presilha Solta | Valor Adotado |
| Baixo Fluxo de Água | Falha de Comunicação | Procedimento Incompleto | Válvula |
| Baixo Nível GV | Falha de Projeto | Procedimento Incorreto | Varição da Carga |
| Bomba | Falha do Elemento Combustível | Projeto Inadequado | Vazamento |
| Carga | Falha Elétrica | Queda Barra Controle | Vibração |
| Carga da Turbina | Falha Humana | Queima Fusível | |
| Corrosão | Falta de Aderência ao Procedimento | Redução Brusca de Fluxo | |
| Defeito | Falta de Atenção | Revisar Procedimento | |
| Descalibração | Fechamento Indevido da Válvula | Rod Stop | |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os eventos que possuem o conceito “*reator*” relacionado com o conceito “*potência*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor técnico e precursor humano.

e) A Figura 28 representa a rede semântica do conceito “reator” relacionado com “vapor”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica

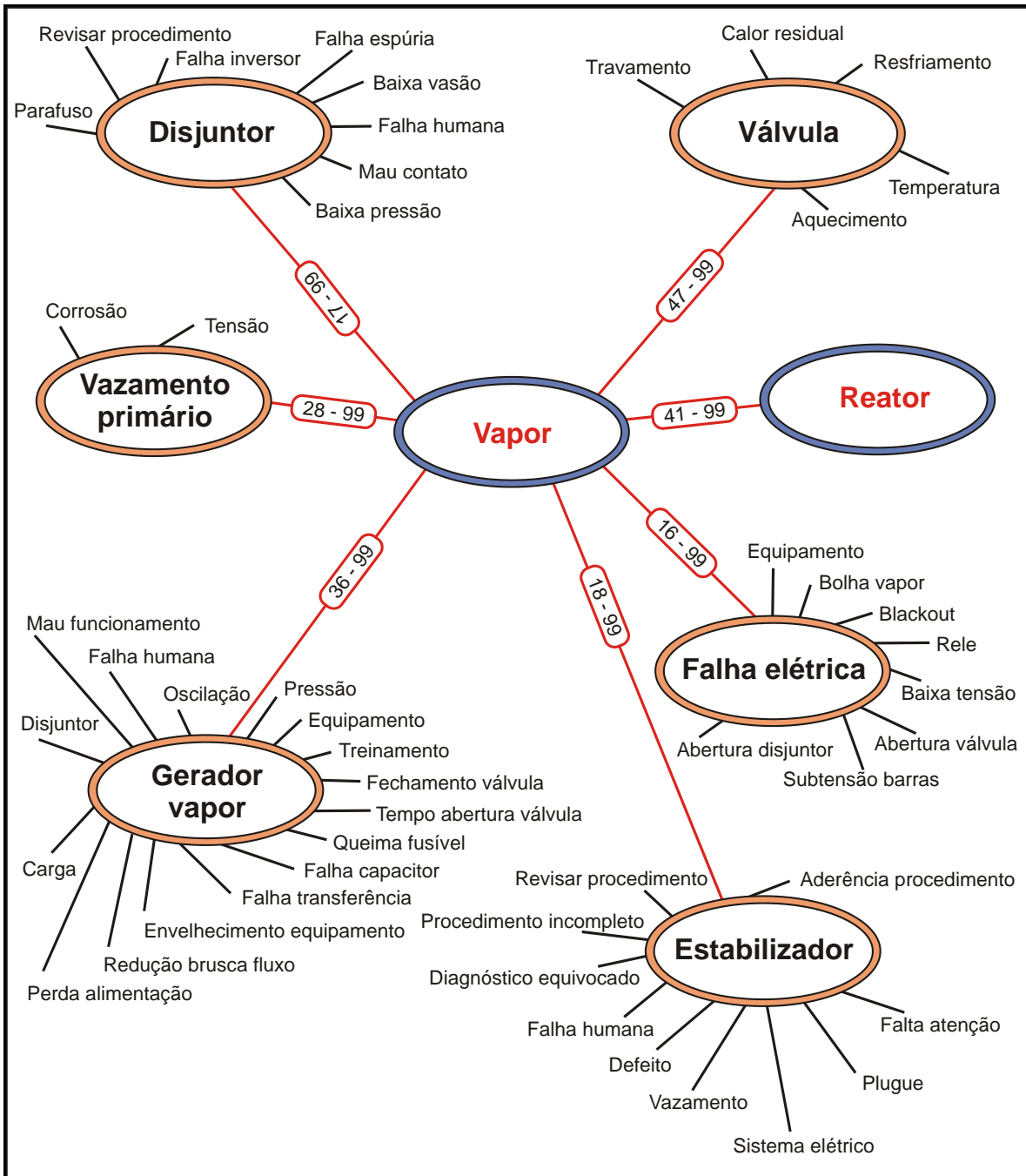


Figura 28: Rede Semântica dos conceitos semânticos “reator” e “vapor” relacionados

f) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “*reator*” relacionado com “*vapor*”.

RES 141-2005. ORO 012-2005. Data do Evento: 04/10/2005.

Desarme do **Reator** por **Desarme** da **Turbina** por **Subfrequencia** no Sistema Eletrico

Incidentes Semelhantes: RES 018.2002. Plano de Emergencia: Nao. Tipo: ENU.

Causa Principal: Externa - Disturbio no Sistema Eletrico com atuacao do rele de subfrequencia 81-1-G1.

Investigacao do Evento: as 20:42h, com o **Reator** ja desarmado, e os Geradores de **Vapor** com alimentacilo pelas Bombas de Alimentacao Auxiliar, ainda permaneciam em operacao duas Bombas de Alimentacao Principal (FW-1A e FW1B) e duas bombas de Condensado (FW-2A e FW-2C).

Conclusao: A causa raiz do desarme da Unidade foi o transiente no **Sistema Eletrico**, extemo a Usina, fazendo com que a sua frequencia permanecesse por mais de 30 segundos abaixo de 59,2 hertz.

A causa do evento do desligamento das **Bombas** de Condensado foi a falha no funcionamento da **valvula** de recirculacao FV-1426A, que demorou mais de 15 segundos para sua abertura total.

O desligamento do Sistema de Condensado apos o **Reator** estar desligado, nao constituiu em nenhum momento. problema ligado a seguranca da Unidade, uma vez que nesta fase, as bombas de Alimentação Auxiliar ja assumiram a alimentacao dos Geradores de Vapor.

RES160-2003. ORO 005-2003. Data do Evento: 13/11/2003.

Desarme do **Reator** por Muito Baixo Nivel no Gerador de **Vapor** 2.

Causa Principal: **Fechamento inadvertido da válvula** HV-1301

Descricao Sumaria: No dia 13/11/2003 as 1901h ocorreu o desarme do **reator** por Muito Baixo Nivel no Gerador de **Vapor** 2 (GV-2), decorrente do fechamento inadvertdo da **valvula** de isolamento de agua de alimentacao principal para o bocal inferior do GV-2 (HV-1301).

Fatos relevantes ocorridos durante o evento:

13/11/2003 as 19:01:31h -ligada manualmente a **bomba** de Condensado FW-2C

13/11/2003 as 19:01:33h - Alarmes de Nivel Baixo GV-2/ Vazao baixa de Agua de alimentacao - Atencao (ALB 07. jan 2B) e Nivel Muito Baixo no Gerador de **Vapor** 2 - Atencao (ALB 07, Jan 3B)

13/11/2003 as 19:01:37h - Ligada manualmente a bomba de Agua de Alimentacao Principal FW-1C

13/11/2003 as 19:01:37h - Desarme do reator por nivel muito baixo no GV-2, com consequente desarme da Turblna.

Conclusão: A causa do desarme do Reator por nivel muito baixo no Gerador de Vapor 2, foi creditado ao fechamento inadvertido da valvula HV-1301, que provocou a troca de bocal no GV-2., aliado a nao tentativa de **reducao** rapida da **carga** da Unidade visando compatibilizar com a vazao de alimentacao pelo bocal auxiliar.

A causa raiz do evento, esta sendo creditada ao projeto inadequado, e a nao deteccao do problema durante a instalacao do eletroduto do cabeamento da solenoide D de atuacao da HV-1301.

A Tabela 14 lista possíveis precursores dos eventos ORO que possuem os conceitos “*reator*” e “*vapor*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 14: Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “*reator*” e “*vapor*” relacionados

| | | | |
|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Abertura Disjuntor | Defeito | Falta de Atenção | Revisar Procedimento |
| Abertura Indevida da Válvula | Diagnóstico Equivocado | Fechamento Indevido da Válvula | Sistema Elétrico |
| Afrouxamento do Parafuso | Disjuntor | Mau Contato | Subtensão Barra de Serviço |
| Aquecimento | Envelhecimento de Equipamento | Mau Funcionamento | Temperatura |
| Baixa Pressão | Equipamento | Oscilação | Tempo Abertura Válvula |
| Baixa Tensão | Estabilizador | Perda Alimentação | Tensão |
| Baixa Vazão | Falha Capacitor | Plugue | Travamento |
| Baixo Nível GV | Falha Elétrica | Pressão | Treinamento |
| Blackout | Falha Espúria | Procedimento Incompleto | Válvula |
| Bolha de Vapor | Falha Humana | Queima fusível | Vapor |
| Calor Residual | Falha Inversor | Redução Brusca de Fluxo | Vazamento |
| Carga | Falha Transferência | Rele | Vazamento primário |
| Corrosão | Falta de Aderência ao Procedimento | Resfriamento | |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os 19 eventos que possuem o conceito “*reator*” relacionado com o conceito “*vapor*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor técnico e precursor humano.

g) As Figuras 29 e 30 representam a rede semântica do conceito “*procedimento*” relacionado com “*manutenção*”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

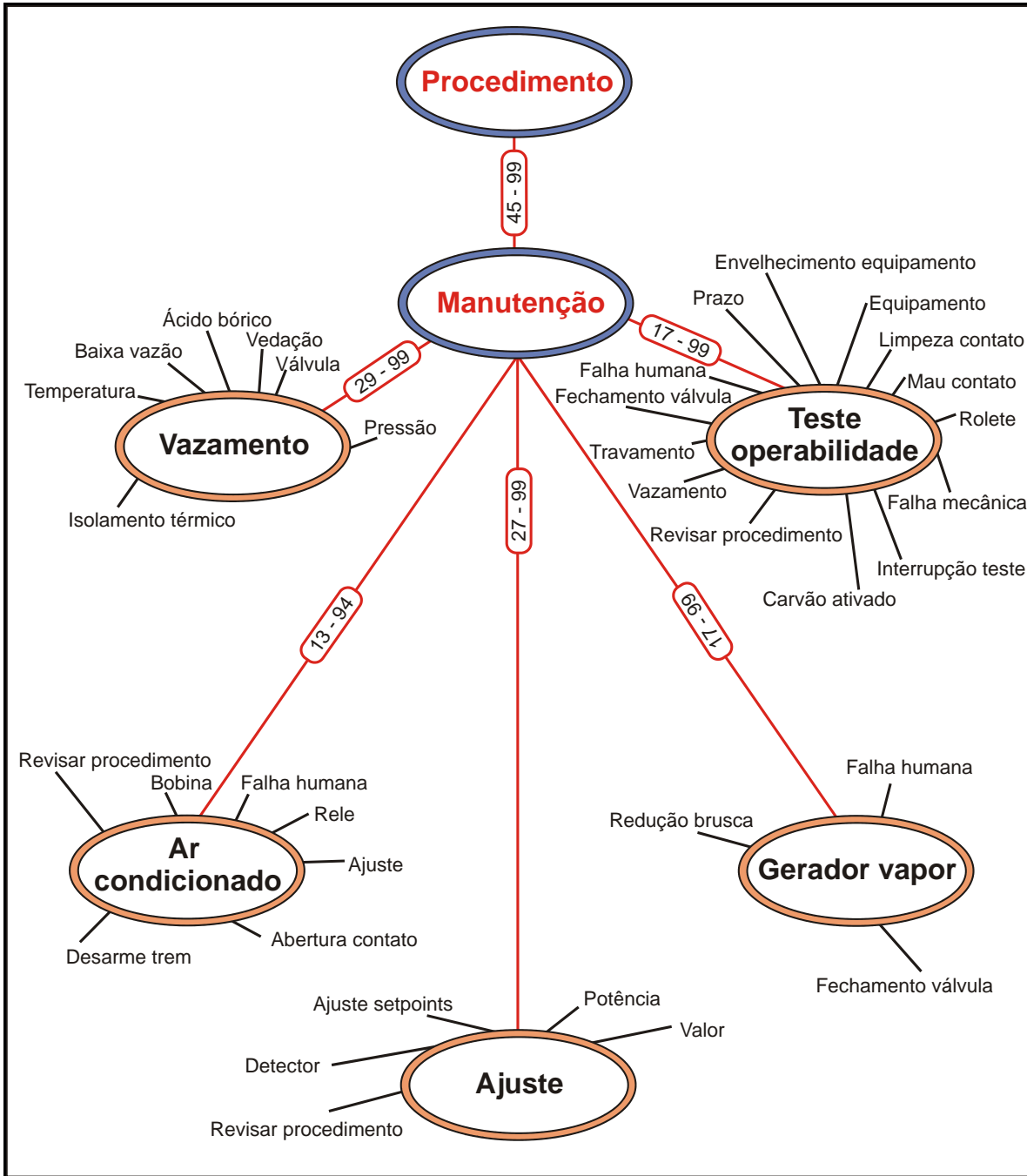


Figura 29: Rede Semântica dos conceitos semânticos “Procedimento” e “Manutenção” relacionados

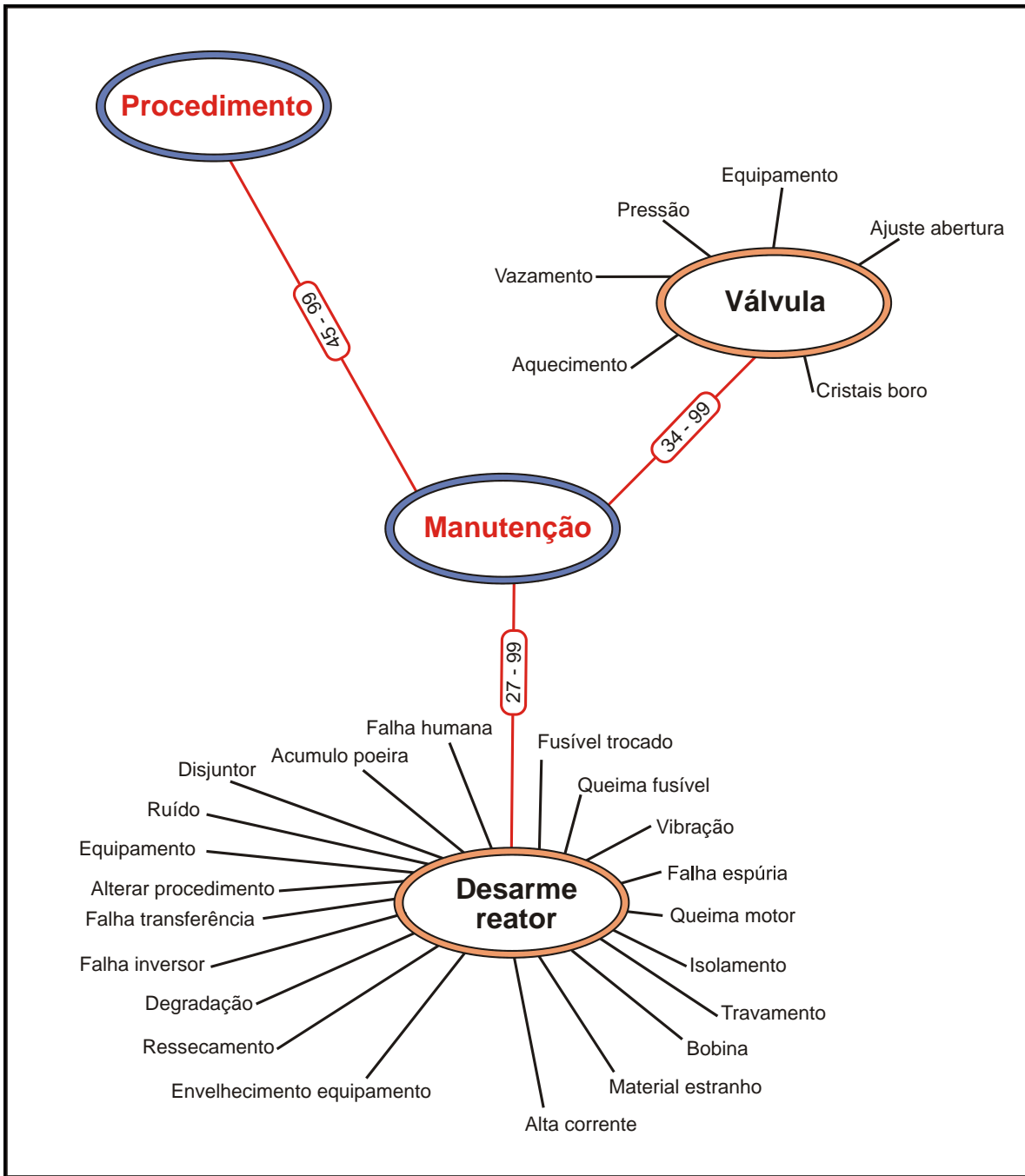


Figura 30: Rede Semântica dos conceitos semânticos “**Procedimento**” e “**Manutenção**” relacionados (continuação)

h) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “*procedimento*” relacionado com “*manutenção*”.

RES 184-2008. ORO 007-2008. Data do Evento: 06/10/2008.

Teste PI-V 007.02A do Sistema da Ventilacao da Barreira Biologica nao executado na sequencia do **procedimento** de retirada de amostra para analise do carvao ativado em laboratorio (PI-V 007.03A).

Causa Principal: **Falha Humana - Procedimento com insuficiente detalhamento.**

Investigacao do Evento: A emissao do documento CLO, que e um controle das Condicoes Limites de Operacao, e tem sua sistematica estabelecida no **procedimento** PA-0G 03 (Condicoes Limites de Operacao), no seu item 3.2, sendo definido como: "Controle das (CLO's) e o documento emitido quando um equipamento, instrumento ou funcao requeridos nas Especificacoes Tecnicas e, necessario a operacao segura da Usina, e considerado inoperavel apos teste ou isolamento para **manutencao**."

A CLO nao era aberta porque a tarefa era considerada um teste, e nao um trabalho de **manutencao**. A CLO so seria aberta, se o teste PI-V 007.02A fosse considerado sem sucesso. Com a pratica de realizacao, a retirada da amostra do carvao passou a ser executada apenas pelos tecnicos da **Manutencao**, conforme pode ser verificado no item 5.4 do procedimento PI-V 07.3A.

Conclusao:

A causa do insucesso do teste de **vazamento** foi devido a inexistencia de uma pratica de substituir a junta de neoprene da celula removida para a retirada da amostra, antes de sua reinstalacao, ou o **envelhecimento** das juntas de neoprene das varias outras celulas que compoem o banco.

Recomendação:

Em complementacao ao item acima, deve ser elaborado um **procedimento de manutencao** detalhando o processo de inspecao e teste das juntas de neoprene das celulas de carvao ativado, que devera conter um anexo para registro dessa acao, a ser arquivado juntamente com o **procedimento** de teste (ex.: PI-V007.03A).

RES 151-2005. ORO 013-2005. Data do Evento: 07/11/2005.

Irregularidade no controle e execucao do teste PI-I 33 (Verificacao do Triaxial History Accalarograph response Spectrum Recordar a Seismic Switch)

Causa Principal: Falha Humana.

Investigacao do Evento:

as 16:50h do dia 07/11/2005 ao ser detectado o problema, Imediatamente o Superintendente da Usina foi avisado, e acoes foram tomadas junto a equipe de **manutencao** visando concluir o **procedimento** conforme requerido pelas especificacoes tecnicas. O inspetor residente da CNEN (Comissao Nacional de Energia Nuclear) foi avisado as 18:35h conforme descrito no comunicado de evento sob o consecutivo 011/2005.

as 22:30h de 07/11/2005 o PI-I 33 foi concluido com sucesso (LT200513203).

Recomendacoes:

1. Revisao do **procedimento** PA-GE 10, para atender os seguintes pontos:

- Inclusao da obrigatoriedade da area de controle dos testes periodicos da Gerencia de Desempenho de Sistemas e Reator, de emitir listas de controle semanal da execucao de testes periodicos e remete-las a Gerencia de Operacao, que devera coloca-las na Sala de Controle, para uso dos Supervisores de Turno;

A Tabela 15 lista possíveis precursores dos eventos ORO que possuem os conceitos “*procedimento*” e “*manutenção*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 15: Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “*procedimento*” e “*manutenção*”

| | | | |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Abertura Contato | Degradação | Fusível | Rele |
| Ácido Bórico | Desarme Trem | Fusível Trocado | Ressecamento |
| Acúmulo Poeira | Descalibração | Interrupção Teste | Revisar Procedimento |
| Ajuste | Detector | Isolamento | Rolete |
| Ajuste Set Points | Disjuntor | Isolamento Térmico | Ruído |
| Alta Corrente | Envelhecimento do Equipamento | Limpeza Contato | Temperatura |
| Alta Taxa Negativa | Equipamento | Material Estranho | Travamento |
| Alterar Procedimento | Falha de Projeto | Mau Contato | Valor |
| Aquecimento | Falha Espúria | Potência | Válvula |
| Baixa Vazão | Falha Humana | Prazo | Vazamento |
| Baixo Nível GV | Falha Inversor | Pressão | Vedação |
| Bobina | Falha Mecânica | Procedimento Incorreto | Vibração |
| Carvão Ativado | Falha Transferência | Queima Fusível | |
| CLO | Fechamento Indevido da Válvula | Queima Motor | |
| Cristais Boro | Fluxo Neutrônico | Redução Brusca da Carga | |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os 19 eventos que possuem o conceito “*procedimento*” relacionado com o conceito “*manutenção*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, precursor técnico e precursor humano.

i) A Figura 31 representa a rede semântica do conceito “*procedimento*” relacionado com “*potência*”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

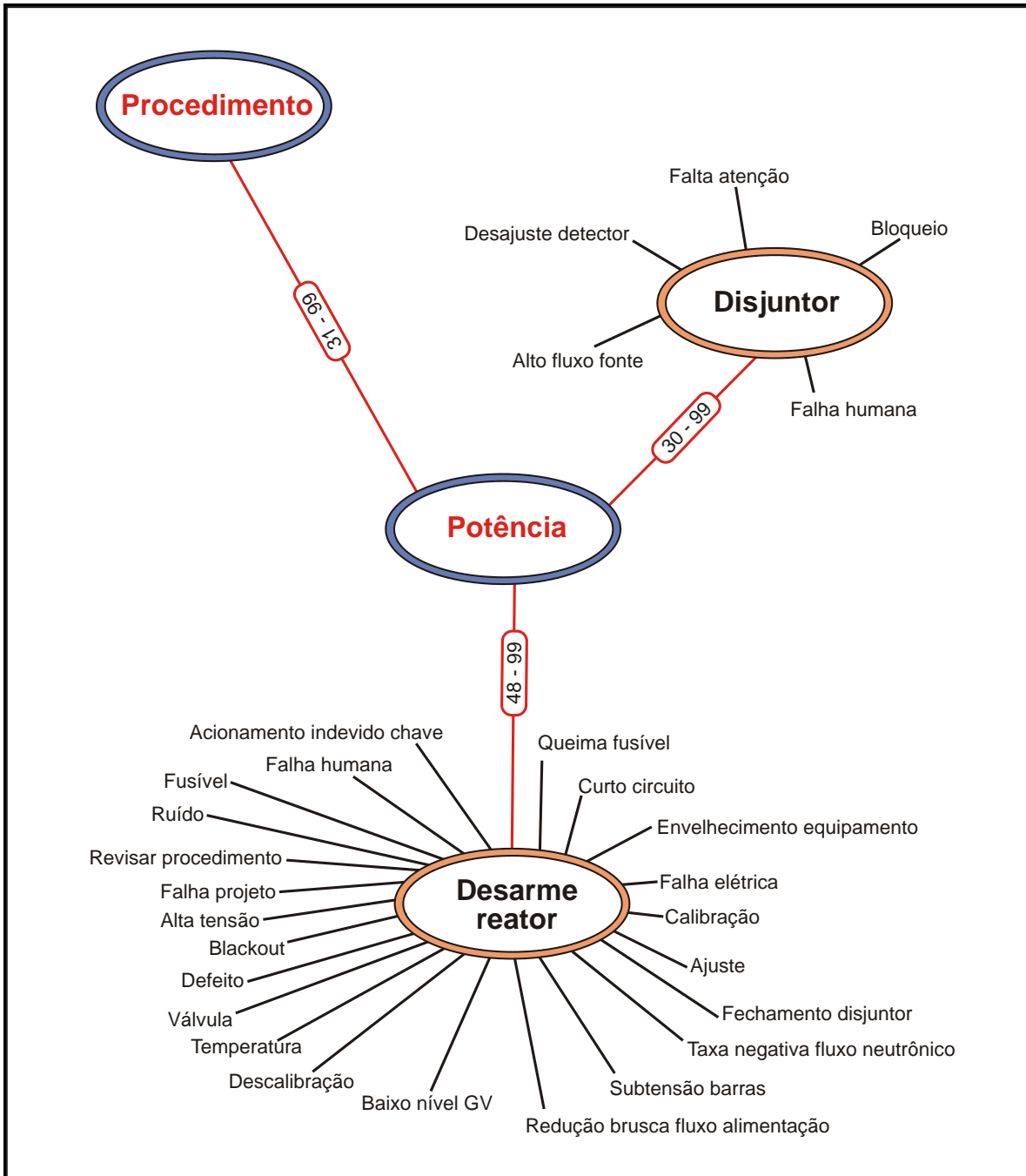


Figura 31: Rede Semântica dos conceitos semânticos “**Procedimento**” e “**Potência**” relacionados

j) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “*procedimento*” relacionado com “*potência*”.

RES 092-2008. ORO 005-2008. Data do Evento: 12/04/2008.

Desarme do Reator por baixo nível no GV-2 coincidente com baixo fluxo de água de alimentação principal.

Causa Principal: **Falha Humana - Acionamento indevido de chaves.**

Sequencia de Fatos e Acoes Tomadas: Estava em andamento o **Procedimento** PI-1136 (Troca de Corrente no Detetor N-42) para executar o **ajuste** de "setpoint" de desarme do reator pelos detetores de potencia nuclear, conforme requerido pelo programa de **elevacao de carga** apos a parada para recarga (PA-GEIT 001.2008).

Investigacao do Evento: O evento ocorreu durante a normalizacao do canal de **potencia 2** (N-42) na finalizacao do **procedimento** PI-I 136 que se encontrava em andamento. Para a execucao do **procedimento** PI-I 136, e requerido por especificacao tecnica colocar o canal de nível L 473 do Gerador de Vapor 2 em teste (item 6.4.16 do PI-1136), ficando seus sinais de salda atuados.

Conclusao: A causa direta do desligamento, foi a **reducao brusca do fluxo** de alimentacao para o Gerador de Vapor 2, com um dos canais de protecao por baixo nível do mesmo Gerador de Vapor ja atuado como parte do **procedimento** em andamento. A causa raiz esta sendo considerada a **atuacao inadvertida do tecnico** que estava executando o **procedimento** em chave diversa da indicada.

RES 101-2006. ORO 003-2006. Data do Evento: 24/06/2006.

Abertura dos Disjuntores de Desarme do Reator por Atuacao do Detetor da Faixa da Fonte.

Causa Principal: **Falha Humana.**

Fatos relevantes ocorridos durante o evento: As 05:00h do dia 24/06/2006 foi discutido com a equipe de turno da sala de controle, conforme o **procedimento** PA-OG 07. as manobras a serem executadas durante os testes fisicos a baixa **potencia** e sequencia de passos para a criticalidade.

As 05:25h, foram iniciados os passos conforme o **procedimento** PO-G 02 (Partida da Unidade de Desligado Quente ate Reator Critico com 2% de **Potencia**) para a criticalidade do reator, bem como a elaboracao do grafico de multiplicacao subcritica (1/M), de acordo com o **procedimento** PP-R 13 (Grafico 1/M Durante a Criticalizacao do Reator). Com a corrente de 10-10 amperes na faixa intermediaria a lampada de permissivo P6 acendeu.

Conclusao: A causa direta do desarme foi o **desajuste do detetor** N31, o qual nao deve ter lido seu "set point" ajustado apos o reajuste do indicador no dia 22/06/2006. Esse indicador e utilizado para todos os **ajustes** da gaveta eletronica do monitor N31. Assim, a causa raiz esta sendo creditada à **desatencao da Instrumentacao** ao nao realizar estes **ajustes**, com a contribuicao da decisao de nao se bloquear os detetores ate a contagem de 15.000 CPS mesmo apos o recebimento de P6. Alem disso, o PI-Q 62 (Teste dos Canais de Faixa da Fonte) realizado apos o reajuste do canal N31, nao identificou a **descalibracao** do ajuste, apesar deste item constar do corpo do **procedimento**.

A Tabela 16 lista possíveis precursores dos eventos ORO que possuem os conceitos “*procedimento*” e “*potência*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 16: Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “*procedimento*” e “*potência*”

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Acionamento Indevido Chave | Curto Circuito | Falha Elétrica | Revisar Procedimento |
| Ajuste | Defeito | Falha Humana | Ruído |
| Alta Tensão | Desajuste Detector | Falta de Atenção | Subtensão Barra de Serviço |
| Alto Fluxo Fonte | Descalibração | Fechamento Disjuntor | Temperatura |
| Baixo Nível GV | Disjuntor | Fusível | Taxa Negativa Fluxo Neutrônico |
| Blackout | Envelhecimento do Equipamento | Potencia | Válvula |
| Bloqueio | Equipamento | Queima Fusível | |
| Calibração | Falha de Projeto | Redução Brusca Fluxo Alimentação | |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os 19 eventos que possuem o conceito “*procedimento*” relacionado com o conceito “*potência*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, procedimento técnico e precursor humano.

k) A Figura 32 representa a rede semântica do conceito “*procedimento*” relacionado com “*falha*”. Os respectivos peso do relacionamento (N1) e peso semântico individual (N2) estão representados pelos números (N1 – N2) nas arestas da rede semântica.

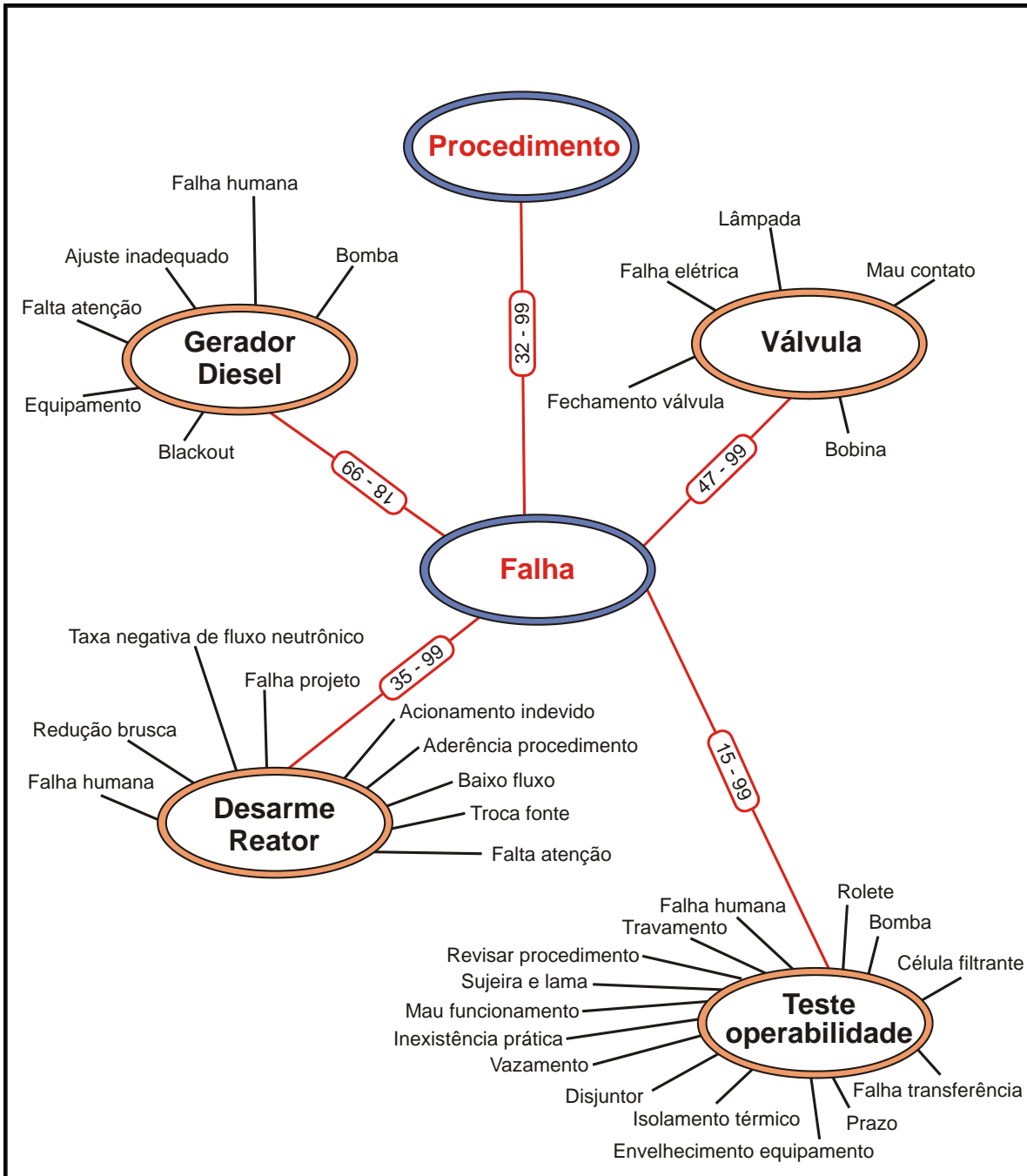


Figura 32: Rede Semântica dos conceitos semânticos “Procedimento” e “Falha” relacionados

l) A seguir alguns exemplos de textos mostram o conceito “*procedimento*” relacionado com “*falha*”.

RES 145-2004. ORO 005.2004. Data do Evento: 11/11/2004.

Inoperabilidade do Gerador Diesel de Emergencia DG-4.

Desempenho Humano: **Falha Humana.**

Causa Principal: Nao estabelecimento de um teste pos manutencao adequado.

Conclusao:

A causa do Gerador partir em tempo superior ao requerido, foi o **ajuste inadequado** do dispositivo limitador, que teve como fato contribuidor a operacao irregular do dispositivo limitador devido ao embolo estar com sua movimentacao dificultada pela condicao deteriorada do "O ring".

A causa da **falha** em se avaliar a real resposta do Gerador, justo apos o teste, esta sendo creditada ao **planejamento deficiente**, onde nao havia sido previsto a utilizacao do **procedimento** adequado para a analise do tempo de partida, ou a confeccao de instrucao especifica para complementar o PI-0 66B, aliado a atitude pouco questionadora da Operacao, em identificar a irregularidade, o que levou a se demorar 26 horas e 20 minutos, desde o termino do teste ate se constatar que o Diesel estava com tempo de partida maior que o requerido. Levando ao nao atendimento das Especificacoes Tecnicas.

RES 092-2008. ORO 005-2008. Data do Evento: 12/04/2008.

Desarme do Reator por baixo nivel no GV-2 coincidente com baixo fluxo de agua de alimentacao principal.

Causa Principal: **Falha Humana - Acionamento indevido de chaves.**

Investigacao do Evento: O servico em questao, durante os 25 anos de operacao de Angra 1, ja foi realizado por mais de 2600 vezes, sem qualquer ocorrencia. Foi observado tambem que o **procedimento** em uso pelos executantes era um **procedimento** com suas folhas de dados ja preenchidas, o que nao e recomendado, pois pode vir a provocar falha de execucao por não realizacao da seqüencia correta dos itens do **procedimento**. Este fato nao contribuiu para a ocorrencia deste evento, porem poderia ter provocado outros eventos neste mesmo **procedimento**.

Conclusao:

A causa direta do desligamento, foi a reducao brusca do fluxo de alimentacao para o Gerador de Vapor 2, com um dos canais de protecao por baixo nivel do mesmo Gerador de Vapor ja atuado como parte do **procedimento** em andamento. A causa raiz esta sendo considerada a atuacao inadvertida do tecnico que estava executando o **procedimento** em chave diversa da indicada. No painel, as chaves "bypass discrepancia de potencia" (power mismatch bypass) dos canais de potencia nuclear N-42 e N-43 sao muito proximas, de forma que ele pode ter confundido e acionado o bypass do canal N-43 em vez de normalizar o canal N-42.

A protecao do Reator atuou corretamente, e todos os sistemas e operadores responderam adequadamente, levando a unidade a uma condicao estabilizada em desligado quente.

A Tabela 17 lista possíveis precursores dos eventos ORO que possuem os conceitos “*procedimento*” e “*falha*” relacionados (listados em ordem alfabética).

Tabela 17: Possíveis precursores de ORO relacionados aos conceitos “*procedimento*” e “*falha*”

| | | | |
|----------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Acionamento Indevido | Disjuntor | Falta de Aderência ao Procedimento | Prazo |
| Ajuste Inadequado | Redução Brusca da Carga | Falta de Atenção | Revisar Procedimento |
| Baixo Fluxo | Envelhecimento de Equipamento | Fechamento Indevido da Válvula | Rolete |
| Blackout | Equipamento | Inexistência de Prática | Sujeira e Lama |
| Bobina | Falha de Projeto | Isolamento Térmico | Travamento |
| Bomba | Falha Elétrica | Lâmpada | Troca da Fonte |
| Célula Filtrante | Falha Humana | Mau Contato | Vazamento |
| CLO | Falha de Transferência | Mau Funcionamento | |

De acordo com a classificação dos precursores definida neste trabalho, os 19 eventos que possuem o conceito “*procedimento*” relacionado com o conceito “*falha*” possuem possíveis precursores classificados em precursor organizacional, precursor de procedimento, procedimento de projeto e precursor humano.

6 Conclusões das Análises e Validações do Conhecimento

De acordo com a metodologia proposta a análise e validação das bases de conhecimento geradas sobre os *Corpus* eventos RES e ORO utilizou os conceitos mais frequentes com seus respectivos conceitos relacionados.

Um evento ORO possui uma quantidade maior de informações do que um evento RES, pois uma análise de causa raiz é exigida conforme o procedimento do Manual de Operação da Usina (MOU), Investigação e Análise Suplementar de Eventos, (Eletronuclear, 2005). Sendo assim, a base de conhecimento dos eventos ORO gerou uma quantidade maior de nodos (conceitos) na rede semântica e, conseqüentemente uma quantidade maior de possíveis precursores.

Do *Corpus* de eventos RES foram selecionados os conceitos “*alarme*” e “*bomba*”, e do *Corpus* de eventos ORO os conceitos “*reator*” e “*procedimento*”, para a identificação e seleção de possíveis precursores.

Sendo assim, foram identificados possíveis precursores relacionados aos conceitos mais frequentes, aqueles com $FOP^{42} \geq 3$ e selecionados aqueles com $GRP^{43} \geq 2$ como mostram a Tabela 18 e a Tabela 19, por ordem decrescente de FOP.

Foram identificados 88 possíveis precursores de eventos RES com $FOP \geq 3$, e foram selecionados 17 com $GRP \geq 2$. (Tabela 18)

⁴² **FOP**: Frequência de Ocorrência do Precursor, definida neste trabalho.

⁴³ **GRP**: Grau de Recorrência do Precursor, definida neste trabalho.

Tabela 18: Possíveis precursores selecionados de eventos RES

| Possíveis Precursores de RES | FOP | GRP |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Falha Humana | 11 | 10 |
| Equipamento | 9 | 8 |
| Falta de Aderência ao Procedimento | 8 | 7 |
| Envelhecimento de Componente | 6 | 5 |
| Sujeira e Lama | 6 | 5 |
| Tensão | 5 | 4 |
| Vazamento | 4 | 3 |
| Desgaste Natural | 4 | 3 |
| Ajuste | 4 | 3 |
| Revisar Procedimento | 4 | 3 |
| Ruído | 4 | 3 |
| Temperatura | 4 | 3 |
| Travamento | 4 | 3 |
| Vibração | 3 | 2 |
| Falha Espúria | 3 | 2 |
| Falha Elétrica | 3 | 2 |
| Carga | 3 | 2 |

E, dos eventos ORO foram identificados 153 possíveis precursores com FOP ≥ 3 , e selecionados 42 com GRP ≥ 2 . (Tabela 19)

Tabela 19: Possíveis precursores selecionados de eventos ORO

| Possíveis Precursores de ORO | FOP | GRP | Possíveis Precursores de ORO | FOP | GRP |
|-------------------------------------|------------|------------|--|------------|------------|
| Falha Humana | 24 | 23 | Alto Fluxo | 4 | 3 |
| Equipamento | 14 | 13 | Oscilação | 4 | 3 |
| Falta de Atenção | 10 | 9 | Descalibração | 4 | 3 |
| Revisar Procedimento | 10 | 9 | Blackout | 4 | 3 |
| Envelhecimento de Componente | 9 | 8 | Travamento | 4 | 3 |
| Válvula | 7 | 6 | Vibração | 4 | 3 |
| Vazamento | 7 | 6 | Falta de Aderência ao Procedimento | 4 | 3 |
| Falha de Projeto | 6 | 5 | Bomba | 4 | 3 |
| Ruído | 6 | 5 | Troca da Fonte | 4 | 3 |
| Falha Elétrica | 6 | 5 | Falha de Transferência | 3 | 2 |
| Disjuntor | 6 | 5 | Defeito | 3 | 2 |
| Potência | 6 | 5 | Alta Taxa Negativa de Fluxo Neutrônico | 3 | 2 |
| Ajuste | 6 | 5 | Procedimento Incorreto | 3 | 2 |
| Fechamento Indevido da Válvula | 6 | 5 | Pressão | 3 | 2 |
| Tensão | 5 | 4 | Aquecimento | 3 | 2 |
| Fusível | 5 | 4 | Bobina | 3 | 2 |
| Queima de Fusível | 5 | 4 | Isolamento Térmico | 3 | 2 |
| Baixo Nível do Gerador de Vapor | 5 | 4 | Temperatura | 3 | 2 |
| Corrosão | 5 | 4 | Curto Circuito | 3 | 2 |
| Abertura Disjuntor | 5 | 4 | Fusível Trocado | 3 | 2 |
| Mau Contato | 4 | 3 | Baixa Vazão | 3 | 2 |

Dos possíveis precursores selecionados, 39 são comuns aos eventos RES e ORO, conforme a Tabela 20.

Tabela 20: Possíveis precursores comuns aos eventos RES e ORO analisados

| Possíveis Precursores comuns a RES e ORO | FOP em RES | GRP em RES | FOP em ORO | GRP em ORO |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Falha Humana | 11 | 10 | 24 | 23 |
| Equipamento | 9 | 8 | 14 | 13 |
| Falta de Aderência ao Procedimento | 8 | 7 | 4 | 3 |
| Sujeira e Lama | 6 | 5 | 1 | 0 |
| Envelhecimento de Componente | 6 | 5 | 9 | 8 |
| Tensão | 5 | 4 | 5 | 4 |
| Travamento | 4 | 3 | 4 | 3 |
| Temperatura | 4 | 3 | 3 | 2 |
| Ajuste | 4 | 3 | 6 | 5 |
| Ruído | 4 | 3 | 6 | 5 |
| Revisar Procedimento | 4 | 3 | 10 | 9 |
| Vazamento | 4 | 3 | 7 | 6 |
| Falha Espúria | 3 | 2 | 2 | 1 |
| Carga | 3 | 2 | 2 | 1 |
| Falha Elétrica | 3 | 2 | 6 | 5 |
| Vibração | 3 | 2 | 4 | 3 |
| Pressão | 2 | 1 | 3 | 2 |
| Isolamento | 2 | 1 | 1 | 0 |
| Oscilação | 2 | 1 | 4 | 3 |
| Subtensão Barra de Serviço | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Falta de Atenção | 2 | 1 | 10 | 9 |
| Baixo Fluxo | 2 | 1 | 1 | 0 |
| Rele | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Afrouxamento de Parafuso | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Aquecimento | 1 | 0 | 3 | 2 |
| Calibração | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Corrosão | 1 | 0 | 5 | 4 |
| Defeito | 1 | 0 | 3 | 2 |
| Abertura Indevida da Válvula | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Disjuntor | 1 | 0 | 6 | 5 |
| Flange da Válvula | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Vedação | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Falha de Comunicação | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Falha de projeto | 1 | 0 | 6 | 5 |
| Potência | 1 | 0 | 6 | 5 |
| Válvula | 1 | 0 | 7 | 6 |
| Fechamento Indevido da Válvula | 1 | 0 | 6 | 5 |
| Degradação | 1 | 0 | 2 | 1 |

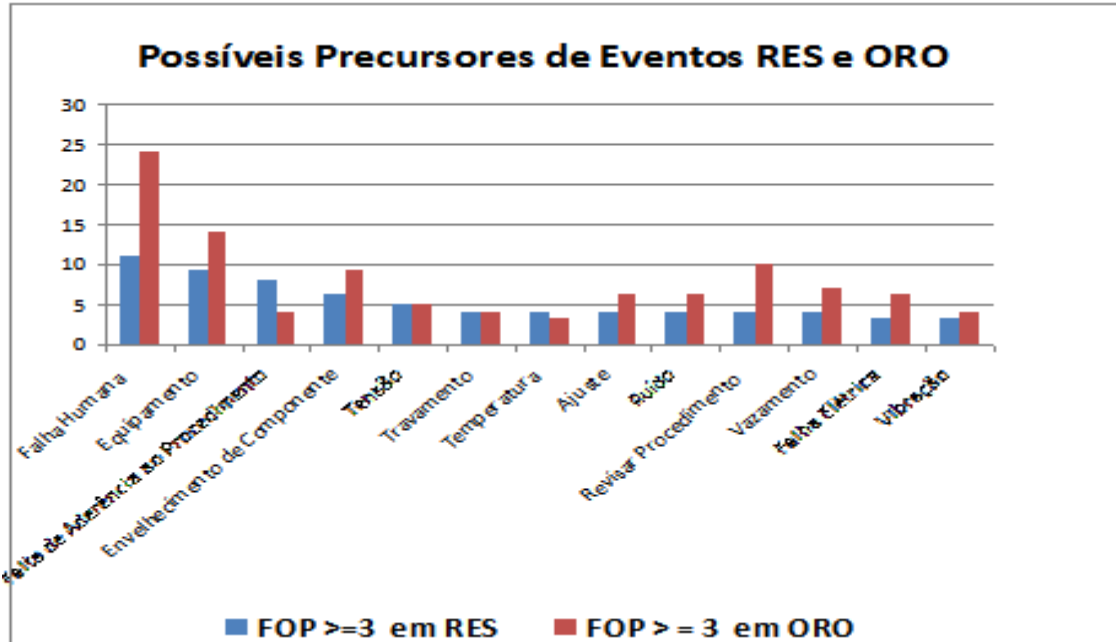


Figura 33: Possíveis precusores comuns aos RES e ORO com “FOP >=3

Considerando um evento RES que passou para a classificação de ORO, segundo a Norma (CNEN-NN-1.14, 2002) ou por análise da superintendência da usina nuclear, tornando-se relevante para a segurança conclui-se que os possíveis precusores listados na Tabela 18 podem ser relevantes para a segurança da usina.

De acordo com a análise e validação os possíveis precusores mais freqüentes foram “*falha humana*” e “*equipamento*”. Navegando na rede semântica nos conceitos mais freqüentes, “*falha humana*” e “*equipamento*”, pode-se ver alguns conceitos relacionados semanticamente a esses como mostram a Tabela 21 e a Tabela 22.

Tabela 21: Conceitos relacionados semanticamente com “falha humana”

| Conceitos relacionados semanticamente com “falha humana” em eventos RES | Conceitos relacionados semanticamente com “falha humana” em eventos ORO |
|--|--|
| Desacordo com Procedimento | Abertura do Disjuntor |
| Descuido em manobra | Baixo Fluxo de Água |
| Desgaste | Baixo Nível do Gerador de Vapor |
| Falta de Aderência ao Procedimento | Desarme do Reator |
| Inserção Incorreta | Disjuntor |
| Montagem do Flange sem adequação | Equipamento |
| Revisar Procedimento | Estabilizador |
| Ruído | Falha Elétrica |
| Sujeira e Lama | Fluxo Neutrônico |
| Transbordamento | Gerador Diesel |
| Travamento | Sistema de Ar Condicionando |
| Troca de Bateria | Teste Periódico |
| Vazamento | Troca da Fonte |
| | Válvula |

Tabela 22: Conceitos relacionados semanticamente com “equipamento”

| Conceitos relacionados semanticamente com “equipamento” em eventos RES | Conceitos relacionados semanticamente com “equipamento” em eventos ORO |
|---|---|
| Ajuste | Abertura do Disjuntor |
| Compostos Insolúveis | Alto Fluxo |
| Corrosão | Baixa Vazão |
| Defeito | Corrosão |
| Degradação | Envelhecimento do Componente |
| Desgaste | Falha |
| Emperramento | Falha Circuito |
| Envelhecimento do Componente | Falha Humana |
| Flange da Válvula | Fonte Alta de Tensão |
| Isolamento | Fusível |
| Oscilação | Mau Contato |
| Revisar Procedimento | Oscilação |
| Sujeira e Lama | Ruído |
| Temperatura | Sinal Espúrio |
| Travamento | Válvula |
| Umidade | Varição Brusca da Carga |
| Vazamento | |
| Vazão do vapor | |
| Vedação | |

Um especialista do domínio, ao analisar os conceitos relacionados semanticamente com “falha humana” e com “equipamento” poderá obter conhecimentos importantes para apoiar a gestão operacional e a gestão organizacional da instalação e propor adequações aos procedimentos (operação e manutenção) e aos programas de treinamentos (operadores e profissionais de manutenção).

Esse estudo mostrou uma visão qualitativa sobre os eventos significantes que poderá complementar os insights provenientes de uma Análise Probabilística de Segurança⁴⁴ (APS), a qual fornece uma visão quantitativa para a apreciação do comportamento da usina sobre as seqüências de eventos mais prováveis de ocorrerem possibilitando suporte contínuo para a reavaliação dos procedimentos operacionais da usina (operação, manutenção, procedimentos, treinamento, etc..).

Dos relacionamentos semânticos de “falha humana” como: “desacordo com procedimento”, “descuido em manobra”, “falta de aderência ao procedimento”, “inserção incorreta”, “montagem do flange sem adequação”, “revisar procedimento” e “troca da fonte”, um especialista do domínio, poderia concluir, entre outros, que uma reavaliação no programa de treinamento ou uma atualização dos procedimentos operacionais poderia contribuir para mitigar a recorrência de eventos iniciados por “falha humana”.

Dos relacionamentos semânticos de “equipamento” como: “ajuste”, “corrosão”, “defeito”, “degradação”, “desgaste”, “emperramento” e “envelhecimento do componente”, “travamento”, “umidade”, “vazamento”, “vedação”, “mau contato”, um especialista do domínio, poderia concluir, entre outros, que uma reavaliação no programa de manutenção preventiva e na análise de envelhecimento dos equipamentos poderiam contribuir para mitigar a recorrência de eventos iniciados por problemas de “equipamento”.

⁴⁴ **Análise Probabilística de Segurança (APS):** objetiva analisar uma instalação como um todo e demonstrar que os objetivos de segurança especificados foram alcançados. Atua como ferramenta complementar de informação de risco para as avaliações tradicionais determinísticas que tratam das bases pré-estabelecidas do projeto. Essa combinação apresenta vantagens que contribuem para o alcance de melhores níveis de segurança.

Para ilustrar os relacionamentos semânticos, mostrados na Tabela 21 e na Tabela 22, foram extraídos alguns trechos de textos retirados de relatórios RES e ORO.

RES 119-2009. Data do Evento: 21/07/2009.

Vazamento de Vapor pelo Flange da Linha de Desvio da Valvula STOP-1 da Turbina.

Causa Principal: **Falha humana** - Condescendencia do PA- GE 16 quanto a priorizacao de Vazamento e Utilizacao de junta inadequada.

O RES 119-2009 mostra o conceito “**falha humana**” relacionado semanticamente ao conceito “**vazamento**”.

RES 032-2009. Data do Evento: 04/03/2009.

Causa Principal: **Falha Humana** - Processo - Presenca de compostos insolueis no R-18.

Conclusão:

Pela analise da investigacao do evento conclui-se que o detector R-18 operou corretamente e que causa mais provavel para o alarme de alta atividade na regio do monitor de radiacao foi a presenga de compostos insolueis no TMR's, proveniente de **sujeira e lama** do fundo dos Tanques de Monitoracao de Rejeito 1 e 2.

O RES 032-2009 mostra o conceito “**falha humana**” relacionado semanticamente ao conceito “**sujeira e lama**”.

RES 092-2008. ORO 005-2008. Data do Evento: 12/04/2008.

Desarme do Reator por **baixo nivel no GV**-2 coincidente **com baixo fluxo de agua** de alimentacao principal.

Causa Principal: **Falha Humana** - Acionamento indevido de chaves.

Descricao Sumaria:

As 06:02h do dia 18/04/2008 ocorreu o desarme do reator de Angra 1 devido a **baixo fluxo de agua** de alimentacao + **baixo nivel do GV**-2 durante o ajuste do "setpoint de desligamento do Reator por Alto Fluxo na faixa de Potencia para 92,7% (PI-I 136 - troca de corrente da gaveta do detetor N-42) como parte do programa de elevacao de carga apos a parada para recarga.

O ORO 005-2008 mostra o conceito “**falha humana**” relacionado semanticamente aos conceitos “**baixo fluxo de água**” e “**baixo nível do GV**”.

RES 122-2006. ORO 004-2006. Data do Evento: 20/07/2006.

Desempenho Humano: **Falha Humana**.

Causa Principal: Equipamento - sinal espurio e indevido de **abertura do disjuntor** da BRR-1.

Descricao Sumaria: As 10:47h do dia 20 de julho de 2006, ocorreu o **desarme do Reator**, por "Vazao Baixa SRR ou **Abertura Disjuntor**. BRR1/2 + P7" conforme indicado no painel de precedencia de desarmes (First out) ALB-10# SC.

O ORO 004-2006 mostra o conceito “**falha humana**” relacionado semanticamente aos conceitos “**abertura do disjuntor**” e “**desarme do reator**”.

RES 018-2010. Data do Evento: 13/02/2010.

Inoperabilidade do Trem A de H2 O2.

Fatores Causais: **Equipamento** obsoleto sem peças de reposição.

Causa Raiz: **Envelhecimento de equipamento**

O RES 018-2010, mostra o conceito “**equipamento**” relacionado semanticamente ao conceito “**envelhecimento de equipamento**”.

RES 010-2010. Data do Evento: 01/02/2010.

No evento do dia 18/02/2010 (relatado no IRES 022.2010) não houve desarme do **equipamento** por baixo fluxo, mas foi observada a anormalidade pelo operador e resolveu acionar a equipe da manutenção do plantaio.

Fatores Causais: **Desgastes** que aumentaram as folgas internas e desalinhamento do rotor da bomba de vácuo.

O RES 010-2010, mostra o conceito “**equipamento**” relacionado semanticamente ao conceito “**desgaste**”.

RES 209-2008. ORO 008-2008. Data do Evento: 16/11/2008.

Causa Principal: **Equipamento - falha do circuito** conversor Analógico/Digital.

A causa raiz do evento está sendo atribuída a uma possível **falha do circuito** conversor Analógico/Digital do DEHC, indicando um valor errado da carga elétrica para o controle das Válvulas Governadoras, discrepante com o ajuste do ponto de controle, causando a atuação do circuito "Fasting Valve".

O ORO 008-2008, mostra o conceito “**equipamento**” relacionado semanticamente ao conceito “**falha de circuito**”.

RES 063-2005. ORO 005-2005. Data do Evento: 19/04/2005.

Abertura dos disjuntores de desarme do Reator pela atuação do Canal da Fonte.

Desempenho Humano: **Falha Humana.**

Causa Principal: Atuação em **fusível** trocado e uso de **equipamento** de teste com indução de **ruido**.

O ORO 005-2005, mostra o conceito “**equipamento**” relacionado semanticamente aos conceitos “**falha humana**”, “**fusível**” e “**ruido**”.

A grande reincidência de eventos, cujas ações corretivas não foram capazes de evitá-los, demonstra a importância de apoio à gestão operacional no intuito de agregar e consolidar conhecimento implícito aos eventos ocorridos. A análise e a interpretação dos relacionamentos semânticos identificados entre os possíveis precursores podem fornecer conhecimentos implícitos de grande importância para mitigar a reincidência e auxiliar às gestões operacional e organizacional da instalação.

Várias empresas têm mostrado grande preocupação com o aumento da confiabilidade de seus processos industriais com o objetivo de garantir a segurança, minimizando os riscos de acidentes e de danos ambientais, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável. Estima-se que o fator humano tenha uma contribuição de 60 a 80% nos acidentes tecnológicos devidos às falhas durante o projeto de equipamentos, durante a calibração e a execução ou interpretação de procedimentos orais ou escritos. A falha humana resulta das interações homem-máquina e homem-ambiente dentro de um sistema sócio técnico (MELO, 2007).

7 Conclusões e Trabalhos Futuros

7.1 Conclusões

A área de mineração de textos utiliza técnicas já consagradas de mineração de dados juntamente com técnicas de busca e recuperação da informação para prover novas soluções para problemas como o manuseio de grandes coleções de textos escritos em linguagem natural com o objetivo de extrair conhecimento intrínseco dessa coleção de dados.

A mineração de textos possibilita às coleções textuais um novo e significativo potencial de geração da informação e conhecimento, a conversão de conhecimento tácito em conhecimento explícito em muitos contextos organizacionais, e um suporte à gestão do conhecimento em ambientes complexos que incluam a necessidade da manipulação de grandes volumes de informações textuais.

A descoberta de conhecimento em bases de textos ainda possui muitas limitações. Não se trata de tecnologia para venda em escala, ao contrário seu emprego depende fortemente do domínio da aplicação, que merece ser estudado para que recursos metodológicos e computacionais possam ser alinhados visando o alcance da tarefa maior: “extração do conhecimento”.

Considerando as instalações que lidam com tecnologias complexas sujeitas à ocorrência de eventos que possam afetar a segurança, e que essas instalações registram esses eventos em textos, escritos em linguagem natural, a aplicação da mineração de textos para a descoberta de conhecimento poderá permitir a extração de conhecimentos intrínsecos aos eventos, os quais poderão auxiliar a gestão operacional das instalações.

Esse trabalho observou algumas maneiras diferentes do registro da experiência operacional da planta através da ocorrência dos eventos RES e ORO, apesar de existir um formulário, isto é, a ausência de um padrão para a descrição dos eventos. Essas diferenças podem permitir uma fragilidade no conteúdo dos textos e até mesmo prejudicar a mineração e conseqüentemente a extração de conhecimentos implícito e explícito aos eventos.

Esse trabalho utilizou uma abordagem baseada em uma visão retrospectiva da ocorrência dos eventos, a qual permitiu a identificação de tendências e a possibilidade de minimizar futuros eventos inesperados e indesejáveis.

Segundo (Woods, 2005), uma condição básica para que uma organização alcance alta confiabilidade e resiliência⁴⁵ é superar as tendências reativas, construindo antecipações aos problemas e a eventos inesperados e não desejados. Tal organização deve ser capaz de observar o passado com clareza, produzindo compreensão e reflexão sobre os micro-incidentes, as restrições ao trabalho dos operadores e as estratégias desenvolvidas pelas pessoas de forma a aprender e prevenir a ocorrência de falhas nas organizações.

A real situação da segurança das organizações tende a permanecer despercebida no dia a dia. No entanto, quando ocorre um acidente e a organização não está preparada, podem surgir as crises, que tipicamente são geradas por eventos de baixa probabilidade e de alto impacto.

Como limitações da metodologia proposta pode-se citar o caso de uma planta nova, que não possua um histórico de eventos registrados para serem minerados. E, no caso de eventos únicos, a proposta para a análise e avaliação da metodologia deve considerar o valor limite igual a 1 (um) na configuração da etapa de pré-processamento para que conceitos com frequência igual a 1 (um) também possam ser analisados e avaliados, pois esses conceitos podem ser muito relevantes para a segurança da planta

⁴⁵ **Resiliência:** é a capacidade de uma organização de ajustar o seu funcionamento para sustentar as operações diárias ou em situações de falhas ou acidentes de grandes proporções. A Engenharia de Resiliência fornece os métodos pelos quais a resiliência de uma organização pode ser avaliada ou medida, bem como os meios através dos quais a resiliência pode ser melhorada.

A proposta apresentou uma metodologia de mineração de textos que associou técnicas de mineração de dados (agrupamento, rede neural e regra de associação), o processamento de linguagem natural e uma plataforma computacional (que permitiu o pré-processamento, processamento e pós-processamento) para a criação de uma base de conhecimento sobre 182 textos de relatórios de eventos RES e ORO. A plataforma computacional utilizada disponibilizou os recursos de semântica para o processamento da linguagem natural e os algoritmos para os agrupamentos, a rede neural e a rede semântica .

A necessidade da segurança na operação de usinas nucleoeletricas, descritas em (NORMA CNEN-NN-1.26, 1997), cita que: “os “precursores de falhas também devem ser criteriosamente identificados e, eliminados/ resolvidos, para prevenir a reincidência do evento”. Desse modo, esse trabalho propôs uma metodologia de mineração de textos para a identificação e a seleção de possíveis precursores de eventos significantes, explícitos e implícitos, ocorridos na usina nuclear Angra 1 como ferramenta de apoio à gestão operacional e organizacional visando mitigar a recorrência desses eventos.

Nesse trabalho, o estudo de caso no *Corpus* de textos RES, com 127 eventos, identificou 88 possíveis precursores com FOP ≥ 3 e selecionou 17 com GRP ≥ 2 . E no *Corpus* de textos ORO, com 55 eventos, identificou 143 possíveis precursores com FOP ≥ 3 e selecionou 39 com GRP ≥ 2 .

Com os resultados obtidos, um especialista do domínio poderá utilizar as relações semânticas, identificadas entre os possíveis precursores, de modo que esse conhecimento agregue valor à experiência operacional da usina visando à análise de melhores práticas, o aperfeiçoamento de programas de treinamento e programas de manutenções e, portanto, contribuindo para a diminuição da recorrência do evento.

De acordo com os resultados obtidos, a reincidência de eventos envolvendo “*falha humana*” e “*equipamento*” mostra que falhas de causa comum de equipamentos e ações humanas podem resultar no início de um acidente e por decorrência na perda de um ou mais sistemas de mitigação de acidentes.

Segundo (GIBELE, 2008), ...”os estudos probabilísticos para análise de riscos de uma usina nuclear utilizam uma abordagem estruturada e sistemática para identificar cenários de falhas, constituindo em uma ferramenta conceitual e matemática para uma análise quantitativa de risco associado à operação de usinas nucleares”. A metodologia proposta neste trabalho utiliza eventos ocorridos em uma instalação nuclear, os quais registram a experiência operacional, para identificar possíveis precursores desses eventos fornecendo uma análise qualitativa de risco associada à operação de usinas nucleares. Desse modo, a metodologia proposta pode ser vista como um complemento para os estudos probabilísticos para análise de riscos.

Pode-se dizer que os resultados obtidos foram satisfatórios e confirmaram a viabilidade da aplicação da mineração de textos para a geração de conhecimento sobre os eventos significantes. A identificação e seleção de possíveis precursores podem prover apoio à gestão operacional e à tomada de decisão para a diminuição da recorrência dos eventos e, conseqüentemente, melhorar a segurança da instalação.

7.2 Trabalhos Futuros

Nos últimos anos, as pesquisas sobre a análise de dados textuais através de técnicas de mineração de textos têm aumentado exponencialmente devido à grande quantidade de documentos de textos gerados. Os métodos tradicionais de recuperação manual são impraticáveis, pois, tais informações apresentam-se em diferentes formatos: estruturados, semi-estruturados e não estruturados. Entretanto, extrair e empregar esse conhecimento são um grande desafio, sobretudo quando a organização possui porte elevado e grandes acervos.

Atualmente, o tratamento semântico de bases textuais é foco de muitas pesquisas e irá contribuir muito para uma nova geração de ferramentas de mineração de textos. Portanto,

as pesquisas relacionando mineração de textos com processamento de linguagem natural estão na essência de um processo de recuperação “inteligente” de informações e descoberta de conhecimento em textos, e tendem a crescer nos próximos anos.

Projetos que tenham como foco o apoio à decisão visando adequação contínua de procedimentos operacionais (rotineiros), em diferentes domínios de interesse, poderão utilizar diferentes combinações de técnicas de mineração de textos com diferentes variações de algoritmos para a extração de conhecimentos.

Uma direção de pesquisa futura consiste em aplicar a metodologia proposta em outros conjuntos de relatórios operacionais, que também registrem informações sobre experiência operacional, com novos focos de análise inteligente gerando novos subsídios para a inteligência organizacional e para o monitoramento de tendências relativas ao desempenho e a segurança da instalação, conforme (ZANASI, 2005).

Podemos citar como exemplo a aplicação da mineração de textos para analisar características de eventos que levaram a usina nuclear Angra 1 a uma Condição Limite de Operação – CLO.

Outra direção de pesquisa futura seria a aplicação da metodologia proposta na geração de conhecimento para agregar valor aos procedimentos operacionais e organizacionais nos segmentos: industriais em geral, petroquímicos, farmacêuticos, navais, aeronáuticos e etc. Portanto, em instalações que lidam com tecnologias complexas e que estão sujeitas à ocorrência de acidentes que poderiam afetar, entre outros, as condições ambientais e a saúde ocupacional do trabalhador.

Referências Bibliográficas

AKIHIDE, K., *et al.*, “Risk Communication System for High Level Radioactive Waste Disposal”, In: **International conference on nuclear energy systems for future generation and global sustainability**, Tsukuba, Ibaraki (Japan), pp.9-13, 2005.

ANTIQUEIRA, L., **Desenvolvimento de técnicas baseadas em redes complexas para sumarização extrativa de textos**, Dissertação de Mestrado, ICMC-USP, São Paulo, Brasil, 2007.

BALINSKI, R., **Filtragem de Informações no Ambiente do Direto**, Dissertação de Mestrado, PPGC/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2002.

CARVALHO, P. V. R., **A Ergonomia e a Gestão de Risco em Organizações que lidam com Tecnologias Perigosas: Tomada de Decisão de Operadores de Usinas Nucleares**, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2003.

CARVALHO, P. V. R., Vidal, M. C. R., Carvalho, E. F., “Análise de Microincidentes na Operação de Usinas Nucleares: Estudo de Caso Sobre o Uso de Procedimentos em Organizações que Lidam com Tecnologias Perigosas”, **Gestão & Produção**, v.12, n.2, pp.219-239, 2004.

CAVALCANTI, M., GOMES, E., PEREIRA, A., **Gestão de Empresas na Sociedade do Conhecimento: um roteiro para ação**, 9.ed, Rio de Janeiro: Editora Campus, 2001.

CNEN, **Norma CNEN-NE-1.04 - Licenciamento de Instalações Nucleares**, Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2002.

CNEN, **Norma CNEN-NE-1.26 - Segurança na Operação de Usinas Nucleoelétricas**, Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1997.

CNEN, Norma CNEN-NN-1.14 - **Relatório de Operação de Usinas Nucleoelétricas**, Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2002.

CNEN, Norma CNEN-NN-3.01 - **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**, Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2005.

COHEN, A., **The Tolerability of Risk from Nuclear Power Station**, London: Health and Safety Commission, Baynards House, 1987.

LÁCIO-WEB: Compilação de Corpus do Português do Brasil e Implementação de Ferramentas para Análises Linguísticas, Disponível em: <<http://www.nilc.icmc.usp.br/lacioweb/index.htm>>, Acesso em: 21 maio 2012, 16:50:20.

COSTA, R. G., **Sistema de Auxílio para o Direcionamento da Atenção no Diagnóstico de Acidentes em Usinas Nucleares Baseado em Inteligência Artificial**, Dissertação de Mestrado, IEN/CNEN, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009.

CRAVEN, M., *et al.*, “Learning to Construct Knowledge Bases from the World Wide Web”, **Artificial Intelligence**, v.118, n. 1-2, pp. 69-113, 2000.

DAVENPORT, T. H., PRUSAK, L., **Conhecimento Empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**, Trad. Lenke Peres. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2001.

Di FELIPPO, A. “Ontologias lingüísticas aplicadas ao processamento automático das línguas naturais: o caso das redes wordnets”. In: MAGALHÃES, J. S.; TRAVAGLIA, L. C. (Orgs). **Múltiplas perspectivas em Linguística**. Uberlândia: Edufu, 2008.

DOMINGOS, *et al.*, “On the optimality of the simple Bayesian classifier under zero-one loss”, **Machine Learning**, v. 29, n. 2-3, pp.103 - 130, 1997.

DOUGLAS, M., “Risk as a Forensic Resource”, *Daedalus*, v. 119, n. 4, pp. 1-17, 1990.

EDVINSSON, L., **Intellectual Capital: realizing your company’s true value by finding its hidden brainpower**, New York: Harperbusiness, 1997.

ELETRONUCLEAR, **Final Safety Analysis Report - FSAR Angra 1**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

ELETRONUCLEAR, **Guia de Pronta Resposta - Angra 1**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.

ELETRONUCLEAR, **Manual de Operação da Usina (MOU) - Procedimento: Investigação e Análise Suplementar de Eventos, PA-GE 55**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

ELETRONUCLEAR, **Manual de Operação da Usina (MOU) - Procedimento: Relatório de Operação da Usina PA-GE 05**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

ELETRONUCLEAR, **Relatório Técnico RPS A1/05(05/14), Reavaliação Periódica de Segurança de Angra 1 - Avaliação da Gestão de Treinamento**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

FELDMAN, R., SANGER, J. **The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data**. New York: Cambridge University Press, 2007.

FELLBAUM, C. **WordNet: an electronic lexical database – Language, Speech, and Communication**. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.

FIGUERDO, M. A. Z. **Mineração de Dados Não Estruturados e Temporais**, Dissertação de mestrado, COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.

FONSECA, R. A., **Estudo de uma Proposta para a Inserção da Experiência Operacional como Ferramenta de Suporte no Plano de Treinamento de Usinas Nucleares**, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009.

FREITAS, Alex A., “On Rule Interestingness Measures”, **Knowledge-Based Systems**, v.12, n, 5-6, pp. 309-315, 1999.

FREITAS, H., JANISSEK, R., **Análise Léxica e Análise de Conteúdo: Técnicas Complementares, Seqüenciais e Recorrentes para Análise de Dados Qualitativos**, Porto Alegre: Sphinx, 2000, p. 176.

FROSDICK, S., 1997, “The Techniques of Risk Analysis Insufficient in Themselves”, *Disaster Prevention and Management*, v.6, n.3, pp.165-177.

FULLWOOD, R.R., **Probabilistic Safety Assessment in the Chemical and Nuclear Industries**, Massachusetts: Butterworf-Heinemann, 2000.

GAM, W. *et al.*, “Classification of Events with an off-site Radiological Impact at the Sellafield site between 1950 and 2000, using the International Nuclear Event Scale”, **Journal of Radiological Protection**, v. 26, n. 1, pp. 33-49, 2006.

GAO, L., BELING, P.A., “Machine Quantification of Text-based Economic Reports for use in Predictive Modeling”, **IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics - SMC** , v. 4, pp. 3536-3541, 2003.

GHANEM, M. *et al.*, “A Grid Infrastructure for Mixed Bioinformatics Data and Text Mining”. In: **Proceedings of the ACS/IEEE, International Conference on Computer, Systems and Applications**, IEEE Computer Society, pp. 41-45, 2005.

GIBELE, S.M.O., **Avaliação da Extensão de Tempos Permitidos de Indisponibilidades e de Intervalos de Testes de Especificações Técnicas de Centrais Nucleares com Base em Risco**, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.

GOMES, E., BRAGA, F., “Nuclear Knowledge Portal for Supporting Licensing and Controlling Nuclear Activities in the Brazilian Nuclear Energy Commission”, **International Journal of Nuclear Knowledge Management**, v.1, n.3, pp. 244-254, 2005.

GROSSMAN, David A., Frieder, Ophir., **Information Retrieval: Algorithms and Heuristics**, 2 ed., Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2004.

HASSOUN, M. H., **Fundamentals of Artificial Neural Networks**, 1 ed. Cambridge: The MIT Press, 1995.

IAEA, **Human Reliability Analysis in Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants'**, Vienna: International Atomic Energy Agency, 1995. Safety Series no 50 P-10.

IAEA, **Knowledge Management for Nuclear Industry Operating Organizations**, Vienna: International Atomic Energy Agency, Out 2006. IAEA/TECDOC Series, n. 1510.

IAEA, “**Managing Nuclear Knowledge: Strategies and Human Resource Development: Summary of International Conference**”, IAEA, 7-10 September 2004, Saclay, Disponível em: <http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1235_web.pdf> Acesso em: 18 maio 2012, 16:15:30.

IAEA, **Nuclear Power Plant Personnel Training and its Evaluation – A Guidebook (Systematic Approach to Training – SAT)**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1996. Technical Reports Series No. 380.

IAEA, **Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants (level 1)**, Vienna: International Atomic Energy Agency, 1992. Safety Series no 50-P-4.

IAEA, **Technical Reports Series n.380 – Nuclear Power Plant Personnel Training and its Evaluation – A Guidebook (Systematic Approach to Training – SAT)**, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1996

JIANG, Y., DONG, H., “Towards Ontology-Based Chinese E-Government Digital Archives Knowledge Management”. In: **Proceedings of the 12th European conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries**, Heidelberg : Springer-Verlag Berlin, 2008, pp. 13–24.

JIN, W., SRIHARI, R. K., “Graph-based Text Representation and Knowledge Discovery”. In: **Proceedings of the 2007 ACM symposium on Applied computing**. New York: ACM, 2007.

JÚNIOR, O. C., **Aplicação da Técnica de Análise de Modos de falha e Efeitos ao Sistema de Resfriamento de Emergência de uma Instalação Nuclear Experimental**, Dissertação de Mestrado, IPEN/USP, São Paulo, SP, Brasil, 2009.

KASABOV, N.K., **Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering**, 1 ed., Cambridge: The MIT Press, 1996.

KASTCHIEV, G. *et al.*, **Riscos Residuais, Resumo e Conclusões: Um Relato de Ocorrências em Centrais Nucleares desde o Desastre de Chernobyl em 1986**, 2007.

Disponível em:

<http://archive.greens-efa.eu/cms/topics/dokbin/199/199309.riscos_residuais_resumo_e_concluses@en.pdf>.

Acesso em: 12 maio 2012.

KONCHADY, M., **Text Mining Applications Programming**, Boston, Massachusetts: Charles River Media, 2006.

LEBART Ludovic, SALEM André, **Analyse statistique des données textuelles; Questions ouvertes et lexicométrie**, Paris: Dunod, 1988.

LU, G. , PETER, A. B., "Machine Quantification of text-based Economic Reports for use in Predictive Modeling". In: **IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics**, IEEE Computer Society, pp. 3536-3541, 2003.

MARCHIONINI, G., "Exploratory Search: from Finding to Understanding", **Communications of the ACM**, New York, v. 49, n. 4, p. 41 - 46, Abr. 2006.

MEGAPUTER INTELLIGENCE, **TextAnalyst 2 User Manual**, 2003. Disponível em: <http://www.megaputer.com/textanalyst.php>. Acesso em: 02 fev 2012, 10:30:30.

MELO, Paulo Fernando F. F. , "Análise da Confiabilidade Humana (ACH) na AQR". In: **11º. Congresso de Atuação Responsável**, São Paulo, 28-29 de Agosto de 2007. Disponível em: http://www.abiquim.org.br/atuacaoresponsavel/11cong/segundodia/Paulo_Frutoso.pdf Acesso em: 15 maio 2012, 14:30:30.

MENGLE, S., GOHARIAN, N., "Passage Detection Using Text Classification", **Journal of The American Society for Information Science and Technology**, v. 60, n. 4, pp. 814–825, 2009.

MENON, R., *et al.*, "Analyzing textual databases using data mining to enable fast product development processes", **Reliability Engineering and System Safety**, v. 88, n. 2, pp.171–180, 2005.

MIRANDA, V.A.A., *et al.*, “Tripod: uma ferramenta de identificação e análise de riscos baseada nos acidentes”, **Ação Ergonômica**, v.1, n.3, pp. 9-20, Disponível em: <www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/download/22/19> , Acesso em: 10 jan 2012, 10:30:30.

MONTEIRO, Lêda. O., *et al.*, “Etapas do Processo de Mineração de Textos – uma abordagem aplicada a textos em Português do Brasil”, In: **Anais do XXVI Congresso da SBC**, 2006.

NADINIC, B., “Data Warehouse Based Decision Support System in Nuclear Power Plants”. In: **5th International Conference on Nuclear Option in Countries with Small and Medium Electricity Grids**, Dubrovnik, Croatia, 2004.

NATACCI, F. B., *et al.*, “Análise Histórica de Ocorrências em Instalações Nucleares e Radioativas nos EUA. In: **7º. Congresso Geral de Energia Nuclear**, Belo Horizonte, MG, Brazil, 31 Aug - 3 Sep, 1999.

NERI, F; BALDIN, N., “A multilingual text mining based content gathering system for open source intelligence”. In: **Proceedings of an International Safeguards Symposium on Addressing Verification Challenges, International safeguards symposium an addressing verification challenges**, France, Proceedings Series, pp. 403-410, 2007.

NILC, **Núcleo Interinstitucional de Lingüística Computacional**, Disponível em: <<http://nilc.icmc.sc.usp.br/nilc/index.html>>, Acesso em: 21 maio 2012, 16:33:30.

NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, **Event Reporting Guidelines 10 CFR 50.72 and 50.73**, Washington, DC: NRC, out 2000.

NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, **Report to Congress on Abnormal Occurrences**, NUREG-0090, Jan. 1986 a Jun. 1995.

NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, **Reactor Safety Study - An Assessment of Accidents Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants - WASH-1400**, Appendices III and IV, Washington, DC: NRC, 1975.

NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, **Report to Congress on Abnormal Occurrences**, NUREG-0090, Jan. 1986 a Jun. 1995.

NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, **Response to Events**, *NRC Reference Library*, 1985 - 1996.

OGURI, P., **Aprendizado de Máquina para o Problema de Sentiment Classification**, Dissertação de Mestrado, PUC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.

OLIVEIRA, B. V., **Uma Análise de Estratégias de Sumarização Automática**, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.

OLIVEIRA, Luiz C., **Gestão do Conhecimento na Eletronuclear**, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002.

PAES, W. S., **Análise de Riscos em Instalações Hospitalares que Fazem Uso de Materiais Radioativos**, abr. 1997.

PALOMO, M. J.; ARNALDOS, A.; VAQUER, J. I. et al. **“Beneficios del mantenimiento preventivo en Instrumentación Nuclear”**. Nuclear España, n. 296, pp. 37-42, 2009.

PARDO, Thiago A. S., RINO, Lucia H. M., **TeMário: Um Corpus para Sumarização Automática de Textos**, São Carlos: USP, UFSCar, UNESP, 2003. NILC-TR-03-09.

PERROW, C., **Normal accidents. Living with high risk technologies**, New York: Basic Books, 1984.

PINTO, A. M., **Mineração de textos e gestão do conhecimento: aplicação na experiência operacional em geração de energia nuclear nas Usinas de Angra I e II**, Tese de Doutorado, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2007.

PRINCETON UNIVERSITY, **WordNet: An Electronic Lexical Database**, Disponível em: <<http://wordnet.princeton.edu/>>, Acesso em: 21 maio 2012, 14:20:30.

Qi, Y., ZHANG, Y., SONG, M., “Text Mining for Bioinformatics: State of the Art Review”, In: **2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, 2009**, pp. 398-401.

RASMUSSEN, J., “Major accident prevention: What is the basic research issue?” In: **Proceedings of the 1998 ESREL Safety and Reliability Conference**, Trondheim, Norway, 1998, pp. 739-740.

RINTALA, N., KURONEN, T., “How to share tacit nuclear knowledge?” , **International Journal of Nuclear Knowledge Management**, v. 2, n. 2, pp. 121-133, 2006.

ROCHA, G.G., COELHO, J.M.A., “Incorporação de um Lematizador da Língua Portuguesa a um Agente de Recuperação de Informação Baseado em Algoritmos Genéticos”, In: **Anais do XIV Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas**, 29 e 30 de set. 2009.

SAKURAI, S, UENO, K., “Analysis of Daily Business Reports Based on sequential Text Mining Method”, In: **IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics**, 2004.

SHALOM, M. W., NITIN, I., TONG, Z., *at al.*, **Text Mining – Predictive methods for analyzing unstructured information**, New York: Springer, 2004.

SHAPIRO, S., RAPAPORT, W., “The SNePS family (1990)”, **Computers and Mathematics with Applications**, v.23, n.2-5, 1992. Special Issue on Semantic Networks in Artificial Intelligence, Part 1.

SHU, Y., “Detecting structural damage of nuclear power plant by interactive data mining approach”, In: **ICONE 14 - International Conference on Nuclear Engineering**, 2006.

SILVA, Bento. C. D., “A construção da base da Wordnet.Br: conquistas e Desafios”, In: **XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**, 2005.

SIPRON, **Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro**. Disponível em: <http://sipron.gsi.gov.br/> Acesso em 14 maio 2012, 12:30:30.

SOARES, H. V., **Sistema Cognitivo de Suporte ao Operador de uma Usina Nuclear Baseado em Módulos Contextuais**, Tese de Doutorado, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009.

SOWA, J. F., **Semantic networks**. Disponível em: <<http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm> >. Acesso em: 09 maio 2012, 16:40:30.

STEWART, Thomas A., **Intellectual Capital: the new wealth of organization**, New York: Doubleday Business, 1997.

SVEIBY, K., **The new organizational wealth: managing & measuring knowledge – based assets**, San Francisco: Berrett – Koehler Pub, 1997.

SWAIN, A. D., GUTTMAN H. E, **THERP - Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications**, Aug 1983. NUREG/CR- 1278.

TAN, Ah-Hwee., “Text mining: the state of the art and the challenges”. In: **Pacific-Asia Workshop on Knowledge Discovery from Advanced Databases**, 1999.

TAYLOR, J. R., **A Background to Risk Analysis**, v.1, Electronics Department, Riso National Laboratory, 1979.

TOFT, B., “The Failure of Hindsight”, **Disaster Prevention and Management**, v.1, n.3, pp. 48-60, 1992.

TOIVONEN. H, “Sample Large Databases for association Rules”, **In Proceedings of 22th International Conference on Very Large Data Bases,VLDB’96**, September 3-6, Mumbai (Bombay), India., 1996.

VAILAYA, A., JAIN, A., “Incremental Learning for Bayesian Classification of Images”, In: **Proc. of the ICIP’99, Int’l Conf. on Image Processing**, Kobe, Japan, v. 2, pp. 585 – 589, 1999.

WANO, **Performance Indicators**. Disponível em: <http://www.wano.info/wp-content/uploads/2011/08/PI_2010_TriFold-v5-combined1.pdf>. Acesso em:28 maio 2012, 19:18:30, 2010.

WITTEN, I. H., “Adaptative text mining: inferring structure from sequences”, **Journal of Discrete Algorithms**, v. 2, n. 2, pp. 137-159, 2004.


WOODS, D. D. Creating foresight: Lessons for resilience from Columbia. In: **Farjoun M, StarbuckWH (eds). Organization at the Limit: NASA and the Columbia Disaster**. Malden, MA: Wiley-Blackwell, p. 289–308, 2005.

YANEV, Y., “Nuclear Knowledge Management”, **Int. J. Nuclear Knowledge Management**, v. 3, n.2, pp.115-124, 2009.

ZAGHLOUL, W., LEE, S. M., TRIMI, S., “Text Classification: Neural Networks vs Support Vector Machines”, **Industrial Management & Data Systems**, v. 109, n. 5, pp. 708-717, 2009.

Anexo 1 – Exemplo de RES em formato (.pdf)

Exemplo da primeira página de um Relatório de Evento Significante – RES, em formato (.pdf) (sem formatação)

| | | |
|--|---|--|
|  | RELATÓRIO DE EVENTO SIGNIFICANTE ANGRA 1 | 1RES 039.2009 |
| | Título R-18 com alarmes intermitentes de nível alto | Página 1/3 |
| | | U.O./Tel. GDU.O / 9997 |
| Ocorrência de Relato Obrigatório (S/N): N | Classe: NA | N° ORO: NA |
| Relatório Especial (S/N): N | N° RE: NA | AIEA/INES: ZERO |
| Plano de Emergência (S/N): S | Tipo: ENU | Início: 04:55 Fim: 04:55 |
| Incidentes Semelhantes (S/N): S | Quais: 1RES 172.2007 e 1RES 032.2007. | |
| Data do Evento: 15/03/2009 | Causa Principal: Processo - Presença de compostos insolúveis no R-18. | |
| Relacionado à Desempenho Humano? (S/N): N | | |
| Descrição Sumária Às 04:55h do dia 15/03/2009 durante liberação do TMR #2, pela LLEL n° 190, ocorreu alarme de alta atividade no R-18. Foi implementado o PC-A 09, sendo informada a Proteção Radiológica e implementado o PEL em ENU, conforme PE-A 03. | | |
| Condições da Usina Antes do Evento Unidade no Modo A de operação, sendo realizados os trabalhos da 1P16 conforme programa de parada de Angra 1. | | |
| Modo de Descoberta Alarmes "Painel Processamento Líquido Problema" ALB 15 #1A, "Canal Sistema Monitoração Radiação Nível Alto" ALB-15 #3C e alarme de nível alto na gaveta do R-18. | | |
| Seqüência de Fatos e Ações Tomadas Às 03:20h foi iniciada a liberação do TMR #2 pela LLEL 190 (atividade Beta Total < 3,0 x 10 ⁴ µCi/cm ³), sendo o nível do TMR-2 de 78%. | | |
| Works Klecius Maurício Pinheiro de Melo Engenheiro - Mat. 06020633-4 Gerência de Desenvolvimento de Sistemas e do Reator de Angra 1 - GDU.O | Rodrigo Vieira da Fonseca Engenheiro - Mat. 06020633-4 Gerência de Desenvolvimento de Sistemas e do Reator de Angra 1 - GDU.O | Paulo César Canargo Pires Engenheiro - Mat. 5000837-1 Gerência de Desenvolvimento de Segurança |
| | | Jorge Augusto Lima de Razeunde Superintendente de Angra 1 24.659.2009 |

Anexo 2 – Exemplo de ORO em formato (.pdf)

Exemplo da primeira página de um Relato de Ocorrência Obrigatório –ORO em formato (.pdf) (sem formatação)

| | | |
|--|---|---|
| | RELATÓRIO DE EVENTO SIGNIFICANTE ANGRA 1 | 1RES 111.2005R1 1ORO 09.2005R1 |
| | Título Desarme do reator durante troca da fonte PS1 do gabinete de potência 2AC do Sistema de Controle de Barras | Página 1/5 |
| Ocorrência de Relato Obrigatório (S/N): S | | Classe: 4 |
| Relatório Especial (S/N): N | | Nº RE: NA |
| Piano de Emergência (S/N): S | | Início: 15:43h |
| Incidentes Semelhantes (S/N): N | | Fim: 16:30h |
| Data do Evento: 11/07/2005 | | Causa Principal: Falha Humana / Projeto |
| Relacionado à Desempenho Humano? (S/N): S | | |
| Descrição Sumária - 15:43 h do dia 11.07.05 durante a realização do serviço da troca de uma das fontes do gabinete de potência 2 do Sistema de Controle de Barras, ocorreu o desarme do reator por alta taxa negativa de fluxo neutrônico na faixa de potência, devido a queda dos bancos de controle e desligamento alimentados por aquele painel. | | |
| Condições da Usina Antes do Evento Unidade no Modo E de operação com 84% de potência no Reator e 520MW no Turbogenerador. Em andamento o serviço programado de troca da fonte PS-1 do gabinete de potência 2AC do Sistema de Controle de Barras. | | |
| Modo de Descoberta Através do alarme "Desligamento do reator sistema de instrumentação nuclear – Alta taxa, fluxo na faixa de potência" - ALB 10 janela 4C, e demais atuações características do desligamento do Reator / Turbina e Gerador. | | |
| Seqüência de Fatos e Ações Tomadas <ul style="list-style-type: none"> 15:30h Liberado o serviço de troca da fonte PS-1 do gabinete de potência 2AC do sistema de controle de barras. LT-200508517. 15:43h Desarme do reator por alta taxa negativa na faixa na faixa de potência e declarado condição de evento não usual sendo ativado o CST. Seguidos os procedimentos PO-E 0 "Desarme do Reator ou Injeção de Segurança" e PO-ES 0.1 "Resposta ao desarme do Reator" estabilizando a unidade na condição de desligado quente. | | |
| | | |
| Jorge Luiz Leite Coordenador de Reatores ANGRA 1 | | Paulo Sérgio B. Ramos Coordenador de Reatores ANGRA 1 |
| 21 ABO 2005 | | 21 ABO 2005 |

Anexo 3 – Exemplo de RES formato (.txt)

Exemplo da primeira página de um Relatório de Evento Significante – RES, em formato (.txt) (formatado de acordo com a metodologia proposta)

```
RES 039-2009. Data do Evento: 15/03/2009.  
R-18 com alarmes intermitentes de nível alto.  
  
Incidentes semelhantes: Sim. RES 172-2007. RES 032-2007. Plano de Emergencia: Sim. Tipo: ENU. Classe: NA.  
Relacionado à Performance Humana: Nao  
AIEA-INES: Zero.  
  
Causa Principal: Processo - Presenca de com postos insolúveis no R-18.  
Descrição Sumária: As 04:55h do dia 15/03/2009 durante liberacao do TMR #2, pela LLEL n° 190, ocorreu alarme de alta ENU, conforme PE-A 03.  
Condições da Usina antes do Evento: Unidade no Modo A de operacao, sendo realizados os trabalhos da 1P16 conforme pro  
Descoberta: Alarmes "Painel Processamento Liquido Problema" ALB 15 #1 A, "Canal Sistema Monitoracao Radiacao Nivel Alto" ALB-15 #3C e alarme de nivel alto na gaveta do R-18.  
Fatos relevantes ocorridos durante o evento:  
As 03:20h foi iniciada a liberacao do TMR #2 pela LLEL 190 (atividade Beta Total < 3,0 x 106 uci/cm3), sendo o nivel do TMR-2 de 78%.  
As 04:55h ocorreu alarme de alta atividade no detector R-18, "Painel Processamento Liquido Problema" ALB 15 #1A, "Canal Sistema Monitoracao Radiacao Nivel Alto" ALB-15 #3C e alarme de nivel alto na gaveta do R-18, sendo o nivel do TMR-2 de 35%.
```

Anexo 4 – Exemplo de ORO em formato (.txt)

Exemplo da primeira página de um Relato de Ocorrência Obrigatório –ORO , em formato (.txt) (formatado de acordo com a metodologia proposta)

```
RES 111-2005. ORO 009-2005. Data do Evento: 11/07/2005.  
Desarme do reator durante troca da fonte PS1 do gabinete de potencia 2AC do Sistema de Controle de Barras.  
Incidentes Semelhantes: Nao. Plano de Emergencia: Sim. Tipo: ENU.  
AIEA-INES:Zero.  
Desempenho Humano: Falha Humana.  
Causa Principal: Falha Humana / Projeto.  
Descricao Sumaria:  
As 15:43 h do dia 11.07.05 durante a realizacao do servico da troca de uma das fontes do gabinete de potencia 2AC do  
na faixa de potencia. devido a queda dos bancos de controle e desligamento alimentados por aquele painel.  
Condicoes da Usina antes do Evento:  
Unidade no Modo E de operacao com 84% de potencia no Reator e 520Mwe no Turbogenerador.  
Em andamento o servico programado de troca da fonte PS-1 do gabinete de potencia 2AC do Sistema de Controle de Barras  
Descoberta: Atraves do alarme "Desligamento do reator sistema de instrumentacao nuclear - Alta taxa , fluxo na faixa  
Gerador.  
Fatos relevantes ocorridos durante o evento:  
15:30h Liberado o servico de troca da fonte PS-1 do gabinete de potencia 2AC do sistema de controle de barras. LT-200  
15:43h Desarme do reator por alta taxa negativa na faixa na faixa de potencia e declarado condicao de evento nao usual  
Seguido os procedimentos PO-E 0 "Desarme do Reator ou Injecao de Seguranca" e PO-ES 0 1 "Resposta ao.desarme do Reator  
16:30h Com a Unidade estavel na condicao de Desligada Quente, foi encerrado a condicao de evento nao usual.
```