

Instituto Politécnico de Setúbal



*Escola Superior de Ciências Empresariais
Escola Superior de Tecnologia*

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS EM
EQUIPAMENTOS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS:
SOLAR E BIOMASSA**

Filipa Vanessa dos Santos Braz

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau
de

MESTRE EM SEGURANÇA E HIGIENE NO TRABALHO

Orientador: Professor Dr. Luís Coelho

Setúbal, 2014

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu avô por todo o apoio que me tem dado.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor e Orientador Luís Coelho pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Professor Doutor Filipe Didelet pela sua disponibilidade e apoio dado na realização desta dissertação.

À minha família, nomeadamente aos meus pais e à minha irmã e ao meu namorado Luís por todo o apoio e incentivo que me deram.

Resumo

Esta dissertação insere-se no âmbito da Segurança e Higiene do Trabalho (SHT) no sector das tecnologias para aproveitamento das energias renováveis, que têm registado uma cada vez maior utilização, resultado das exigências definidas na Directiva da União Europeia, que promove a implementação destas tecnologias nos edifícios. Neste sentido, torna-se imperativo o desenvolvimento de um conhecimento aprofundado e transversal dos riscos associados à implementação destes equipamentos.

Esta dissertação tem como principal objectivo a análise e avaliação de riscos inerentes às actividades de instalação e manutenção dos colectores solares e caldeira a biomassa num hotel, através da aplicação de duas metodologias de valoração do risco, MARAT e FMEA. Propõe-se verificar as actividades onde o risco possa ter um impacto mais significativo e por consequência demonstrar a importância da definição e implementação de medidas preventivas/correctivas para as actividades do técnico instalador e de manutenção.

Palavras-chave: FMEA, MARAT, perigos, riscos, colector solar, caldeira a biomassa.

Abstract

The following dissertation is developed in the ambit of the Safety and Hygiene Protection in the Workplace in the renewable energy technology sector, which has registered an increasing application, as a result of the requirements defined in the EU Directive, which promotes the implementation of these technologies in buildings. In this view, it becomes imperative to develop a deep knowledge of the risks associated to the implementation of such equipment.

This dissertation aims to complete risk analyzing and evaluating, which are associated to the installation and maintenance activities of solar collectors and biomass boiler in a hotel, by applying both methods of risk valuation – MARAT and FMEA. And it proposes to analyse the activities where the risk has a significant impact and therefore demonstrate the importance of defining and implementing preventive and corrective measures for the activities of the installation and maintenance technician.

Keywords: FMEA, MARAT, hazards, risks, solar collector, biomass boiler.

Índice

Introdução	1
1. Enquadramento Teórico	3
1.1. Noção de Risco.....	3
1.2. Gestão de Risco.....	6
1.2.1. Análise de Risco.....	9
1.2.2. Avaliação de Risco.....	11
1.2.2.1 Métodos Quantitativos	12
1.2.2.2 Métodos Qualitativos	12
1.2.2.3 Métodos Semi - Quantitativos.....	13
1.3 Metodologias de Análise e Avaliação do Risco.....	13
1.3.1 Método de Análise das Energias	14
1.3.2 Análise Preliminar de Riscos (APR).....	16
1.3.3 Estudo de Identificação de Perigos e de Operabilidade (HAZOP)	18
1.3.4 Análise do Modo de Falhas e Efeitos (FMEA).....	22
1.3.4.1 FMEA de Processo.....	31
1.3.4.2 FMEA de Projecto.....	35
1.3.5 Árvore de Falhas	37
1.3.6 Árvore de Eventos	41
1.3.7 Método Marat.....	42
1.4 O Risco e a Manutenção.....	48
PARTE II: Metodologia.....	51
2. Descrição do caso de estudo.....	51
2.1. Caracterização da Instalação do Sistema Térmico	52
2.1.1. Colectores Solares Térmicos.....	52
2.1.2. Caldeira de Biomassa	55
2.1.3. Sistema de acumulação e circulação	57
2.2. Caracterização da Manutenção do Sistema Térmico.....	59
2.2.1. Manutenção do Sistema Solar Térmico.....	59
2.2.2. Manutenção da Caldeira de Biomassa.....	64
2.2.3. Manutenção do sistema de acumulação e circulação	67
3. Análise e Avaliação de Risco.....	69
PARTE III: Dados obtidos e Discussão	74
4. Análise dos resultados.....	74

4.1.	Análise MARAT	74
4.1.1.	Instalação dos colectores solares na cobertura do hotel	74
4.1.2.	Instalação da caldeira biomassa	75
4.1.3.	Instalação do sistema de acumulação e circulação.....	77
4.2.	Análise FMEA	78
4.2.1.	Manutenção dos colectores solares	78
4.2.2.	Manutenção da caldeira a biomassa	79
4.2.3.	Manutenção do sistema de acumulação e circulação	80
4.2.4.	Equipamentos de segurança (válvulas e vaso de expansão).....	81
5.	Conclusões	83
6.	Referências Bibliográficas	84
7.	Anexos.....	86

Índice de Figuras

Figura 1- Representação esquemática do processo de gestão dos riscos (Oliveira, 2012).....	7
Figura 2- Métodos de Análise de Riscos (Adaptado de Roxo, 2003)	10
Figura 3- Etapas de uma Avaliação Energética (Adoptado de Loureiro et al, 2013).....	16
Figura 4- Relação entre os quatro tipos de FMEA (adaptado de Stamatis, 1995)	25
Figura 5- Exemplo de um formulário de um FMEA (adaptado de Stamatis, 1995)	27
Figura 6- Visão geral do FMEA do processo (adaptado de Ericson, 2005).....	31
Figura 7- Representação de uma árvore de falhas com eventos e portas lógicas (adaptado de Roxo, 2003)	40
Figura 8- Esquema do método MARAT (adaptado de Pedro, 2006).....	43
Figura 9- Imagem ilustrativa da instalação do sistema térmico no hotel	52
Figura 10- Exemplo de uma instalação solar com controlador diferencial (adaptado de Carvalho, 2012)	53
Figura 11- Esquema de um depósito de armazenamento de pellets subterrâneo (adaptado de Barbosa, 2008)	55
Figura 12- Pormenor das conexões da instalação de todo o sistema térmico.....	59
Figura 13- Incidência por grau de risco na instalação dos colectores solares	76
Figura 14- Incidência por grau de risco na instalação da caldeira a biomassa.....	77
Figura 15- Incidência por grau de risco na instalação do sistema de acumulação e circulação	78
Figura 16- Incidência por grau de risco na manutenção dos colectores solares.....	79
Figura 17- Incidência por grau de risco na manutenção da caldeira a biomassa.....	81
Figura 18- Incidência por grau de risco na manutenção do sistema de acumulação e circulação....	82
Figura 19- Incidência por grau de risco dos equipamentos de segurança (válvulas e vaso de expansão).....	83

Índice de Tabelas

Tabela 1- Exemplo de Lista de Verificação de risco para as fontes de energia (adaptado de Ericson, 2005)	14
Tabela 2- Análise Preliminar de Riscos (adaptado de Roxo, 2003).....	18
Tabela 3- Palavras – chave do Método Hazop (adaptado de Freitas, 2008)	21
Tabela 4- Exemplo de aplicação do método HAZOP (adaptado de Freitas, 2008).....	21
Tabela 5- Índice de Severidade para processos e/ou serviços (adaptado de Stamatis, 1995)	33
Tabela 6- Índice de Ocorrência para processos e/ou serviços (adaptado de Stamatis, 1995)	33
Tabela 7- Índice de Detecção para processos e/ou serviços (adaptado de Stamatis, 1995)	34
Tabela 8- Hierarquização do risco e das medidas a implementar (adaptado de Rodrigues, 2008)	34
Tabela 9- Índice de Severidade para projectos (adaptado de Stamatis, 1995).	36
Tabela 10 - Probabilidade de Ocorrência para projectos (adaptado de Stamatis, 1995).	36
Tabela 11- Índice de Detecção para projectos (adaptado de Stamatis, 1995).	36
Tabela 12- Hierarquização do risco (adaptado de Stamatis, 1995)	37
Tabela 13- Representação e significado dos símbolos mais usados na árvore de falhas (adaptado de Lluna,1999).	39
Tabela 14- Escala referente ao nível de deficiência	44
Tabela 15- Escala referente ao nível de exposição.....	45
Tabela 16- Escala referente ao nível de probabilidade.....	45
Tabela 17- Escala referente ao nível de probabilidade.....	46
Tabela 18- Escala referente ao nível de severidade	47
Tabela 19- Escala referente ao nível de risco.....	47
Tabela 20- Escala referente ao nível de controlo	48
Tabela 21- Actividades a realizar no processo de instalação do sistema solar térmico	56
Tabela 22-Actividades a realizar no processo de instalação da caldeira de combustão da biomassa	57
Tabela 23- Plano de manutenção preventiva condicionada e sistemática relativo aos colectores solares (adaptado de Castiajo, 2012 e Carvalho, 2012)	63
Tabela 24- Plano de manutenção preventiva condicionada e sistemática relativa à caldeira a biomassa [1]	67
Tabela 25- Plano de manutenção preventiva condicionada e sistemática relativo ao sistema de acumulação e circulação (adaptado de Castiajo, 2012 e Carvalho, 2012)	68

Tabela 26- Estimativa da probabilidade de ocorrência de acidentes de trabalho segundo as causas em todas as actividades económicas (GEP, 2014)	71
Tabela 27- Estimativa da percentagem de ocorrência de acidentes de trabalho segundo as causas, para todas as actividades económicas.	72
Tabela 28- Número de casos por grau de riscos na instalação dos colectores solares	75
Tabela 29- Número de casos por grau de risco na instalação da caldeira a biomassa.....	76
Tabela 30- Número de casos por grau de risco na instalação do sistema de acumulação e circulação	77
Tabela 31- Número de casos por grau de risco na manutenção dos colectores solares	78
Tabela 32- Número de casos por grau de risco na manutenção da caldeira a biomassa	79
Tabela 33- Número de casos por grau de risco na manutenção do sistema de acumulação e circulação	80
Tabela 34- Número de casos por grau de risco dos equipamentos de segurança.....	82

Lista de siglas

- APR: Análise Preliminar de Riscos
- AQS: Água Quente Sanitária
- DL: Decreto-lei.
- EPC: Equipamento de proteção Coletivo.
- EPI: Equipamento de proteção individual.
- EU - OSHA: Occupational Safety and Health Administration
- FMEA: Failure Mode and Effect Analysis
- FTA: Fault Tree Analysis
- GEP: Gabinete de Estratégia e Planeamento
- MARAT: Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho
- ND: Nível de Deficiência.
- NE: Nível de Exposição.
- NP: Nível de Probabilidade.
- NS: Nível de Severidade.
- NR: Nível de Risco.
- NC: Nível de Controlo
- RPN: Risk Priority Number
- SHT: Segurança e Higiene no Trabalho

Introdução

No contexto da evolução de diversos meios tecnológicos para produção de energia térmica através do aproveitamento de recursos endógenos, como as energias solar e biomassa, podemos afirmar que estas constituem uma realidade fundamental para contribuir para um desenvolvimento sustentável, reduzindo o consumo dos combustíveis tradicionais. Com as perspectivas de crescimento das necessidades energéticas dos países em vias de desenvolvimento, por efeito combinado da sua evolução demográfica e do seu desenvolvimento económico, está patente cada vez mais nas sociedades que “a necessidade de um crescente recurso às energias renováveis é incontornável”. Expressão também apoiada pela reformulação da Directiva 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios pela Directiva 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, que define que cada Estado-Membro Europeu deve aumentar o nível de exigência de regulamentação, de modo que, em 2020, os edifícios sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia e que “tenham um elevado desempenho energético e em que a satisfação das necessidades de energia resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis.”

Com o avanço tecnológico dos equipamentos de energias renováveis e com o aumento da mão-de-obra associada à instalação e manutenção destes equipamentos é essencial analisar o modo de funcionamento destes equipamentos e os riscos que apresentam para quem os opera. Assim, a realização desta dissertação vai permitir definir os mecanismos e dispositivos que assegurem a segurança no trabalho com os equipamentos de energias renováveis, para que a interacção destes com as pessoas não envolva riscos para a sua integridade física e saúde geral.

A crescente sofisticação dos equipamentos deverá ser acompanhada pelo aumento dos níveis de segurança dos equipamentos e de controlo dos riscos dos trabalhadores que os operam. O objectivo é avaliar os riscos nas actividades de instalação e manutenção dos equipamentos de energias renováveis num hotel, sendo estes o colectador solar e a caldeira a biomassa.

Para avaliar os riscos é necessário identificar todos os perigos associados às tarefas realizadas na instalação e manutenção dos equipamentos e determinar os limites dos equipamentos, o que nos remete para a seguinte pergunta, “Quais são os riscos presentes nas actividades de manutenção e instalação de colectores solares e caldeira a biomassa num hotel?” e “Quais as medidas que se podem implementar para tentar eliminar esses riscos?”

A avaliação de risco pode ser usada para gerir o risco geral de uma instalação e de uma manutenção concentrando um maior controlo sobre os dispositivos que apresentam maior risco, como os equipamentos sob pressão que contenham fluidos, instrumentos de controlo, distribuição eléctrica e instrumentos essenciais, permitindo nos responder à seguinte questão, “Quais são os efeitos das falhas dos equipamentos e nos processos de instalação e manutenção?”

O objectivo principal desta dissertação baseia-se na aplicação das metodologias de avaliação de riscos – MARAT e FMEA, para análise e valoração dos factores de risco presentes nas actividades de instalação e manutenção das tecnologias de aproveitamento das energias renováveis: solar e biomassa, respectivamente, colectores solares e caldeira de combustão de biomassa, num grande edifício de serviços – hotel.

O estudo foi desenvolvido segundo várias etapas, sendo que a descrição do processo e a caracterização minuciosa das actividades realizadas nos processos referidos anteriormente foram fundamentais no processo de identificação dos perigos e na consequente avaliação dos riscos a que os técnicos estão sujeitos na execução dessas mesmas tarefas.

Tendo por base a legislação em vigor, importa referir que a identificação e avaliação de riscos constituem um dos princípios de prevenção que consta no Artigo 272 da Lei n°99/2003 de 27 de Agosto que aprova o Código de Trabalho.

PARTE I: Revisão da Literatura

No capítulo I é efectuada uma revisão bibliográfica de forma a situar a temática em estudo, através da análise de conceitos necessários à sua compreensão, sendo estes o processo da gestão de risco e todos os elementos associados, como a identificação, análise e avaliação de riscos e das diferentes metodologias existentes para o controlo dos riscos no meio laboral.

1. Enquadramento Teórico

Neste capítulo é efectuada uma revisão da literatura de modo a situar a temática em estudo, através da análise do processo da gestão de risco e de todos os elementos associados – identificação, análise e avaliação de riscos e das diferentes metodologias para controlo dos riscos.

1.1. Noção de Risco

O conceito de risco define-se em linguagem corrente como a possibilidade de algo correr mal ou de ocorrerem prejuízos ou perdas, mas poucos de nós tem consciência dos riscos a que está sujeito no dia-a-dia. É um conceito complexo que no campo profissional tem evoluído a par com as comunidades de trabalho que se caracterizam por um desenvolvimento racional e organizativo no caminho da prevenção, através do “conhecimento da nova natureza dos riscos actuais, a diversidade das suas fontes e formas de emergência, a potencial magnitude do seu impacto e a insuficiência das abordagens baseadas apenas na experiência histórica”, factores importantes referidos por Roxo (2003:15) e que caracterizam a evolução humana no sentido de assumirem o conceito de risco como uma condicionante de trabalho, presente em todos os sistemas organizativos, tornando-se evidente a “necessidade de o identificar, caracterizar e valorar para que seja possível controlá-lo” (Oliveira, 2012:12).

A noção de risco segundo Roxo (2003:29) “responde à necessidade de lidar com situações de perigo futuro”. Convém com isto distinguir os conceitos de perigo e risco. Conforme definido na Norma OHSAS 18001:2007, o perigo é a fonte, situação ou acto com um

potencial para o dano em termos de lesões, ferimentos ou danos para a saúde, ou a combinação destes, enquanto que risco é a combinação da probabilidade de um acontecimento perigoso ou exposição(ões) e da severidade das lesões, ferimentos ou danos para a saúde, que pode ser causada pelo acontecimento ou pela(s) exposição(ões), ou seja, perigo é uma característica intrínseca ao sistema/processo em análise e risco é uma probabilidade de ocorrência de um acontecimento com consequências associadas.

Na ISO/IEC Guide 73 o risco define-se como a combinação de probabilidade de acontecimento de um evento e a sua consequência.

Verifica-se também na Norma Australiana AS/NZS 4360:1999 que define o risco como a possibilidade de acontecer algo que terá um impacto sobre os objectivos da organização. O risco é medido em termos de consequências e probabilidades.

Pressupõe-se por estas definições que o risco é quantificável, e que dependendo do contexto em análise, associa-se a uma determinada probabilidade de ocorrência de um acontecimento com uma determinada consequência. O que segundo Soares et al. (2005:22) se traduz num valor ou seja, na quantificação do risco como um produto da probabilidade pelo valor da consequência.

“Fundamentalmente o risco envolve acontecimentos futuros de consequências incertas e pretende de uma forma única quantificar o que se pode esperar a nível de consequências” (Soares et al., 2005:22).

Relacionado com o conceito de risco está também o termo “incerteza” quanto à ocorrência de acontecimentos futuros e da extensão das consequências destes, que caracteriza as situações em que a probabilidade não é estimável. Um termo também presente na definição de David McNamee citado por Soares et al.(2005:37) que afirma que “o risco é um conceito usado para expressar a incerteza sobre eventos e os efeitos revelantes que as suas consequências podem ter sobre as metas de organização”.

Os principais problemas associados ao conceito de risco, defendidos por Soares et al. (2005:105) consistem na “escolha de cenários ou situações; modelação credível de comportamentos ou respostas; significado e estimativa das probabilidades e caracterização

das incertezas; identificação e valoração das consequências; critérios ético-sociais da decisão e comunicação do risco”.

Roxo (2003) considera que o risco enquanto estímulo externo apresenta uma dimensão objectiva – risco objectivo – que procura conhecer os seus contornos para o eliminar ou controlar, e uma dimensão subjectiva – risco subjectivo – que caracteriza os mecanismos comportamentais da resposta dada pelas pessoas perante esse risco. A variável de natureza individual que resulta na percepção do risco de forma individual depende de valores, culturas e características pessoais e influências grupais. A nível individual cada um se protegerá de acordo com a forma como consegue avaliar as diferentes situações em que se encontra envolvido.

Com efeito, Lima (2004) citado por Soares et al. (2005) considera que o risco tem outras dimensões, sociais e subjectivas. Assim, além da dimensão objectiva, que caracteriza de forma técnica e quantitativa o risco e da dimensão subjectiva relacionada com a percepção individual do risco, já referido anteriormente, é proposto também por Soares et al (2005) a dimensão social relativa à caracterização não quantitativa dependente de valores e culturas.

Os riscos profissionais estão na origem dos acidentes de trabalho (acontecimentos que violentam a integridade física) e/ou das doenças profissionais (situações agressivas para o estado de saúde dos trabalhadores).

Neste sentido é fundamental que seja encarado de forma sistemática pelas organizações uma filosofia de prevenção através do conhecimento dos perigos associados aos processos organizativos e de desenvolver maneiras de controlar as situações de risco, aplicando o processo da gestão de risco.

1.2. Gestão de Risco

Actualmente com o avanço tecnológico e as profundas pressões competitivas entre as organizações originam rápidas mudanças nas condições, processos e a própria organização do trabalho. As organizações devem estar preparadas para lidar de forma constante com os novos riscos e desafios relativos à segurança e saúde no trabalho para dar respostas eficazes através de estratégias de gestão para a melhoria contínua, conceito presente em todos os sistemas de gestão de segurança e higiene do trabalho.

A Gestão de Riscos é um processo dinâmico que consiste na análise sistemática de identificação e avaliação dos factores que podem conduzir à ocorrência de acidentes e a sua prática contribui para um crescimento das organizações em termos competitivos e de eficácia, visto que segundo Nunes (2010) a gestão de risco constitui a base para a implementação de medidas preventivas.

A gestão de risco contribui assim para a criação e realização de valor das Organizações, melhorando o desempenho desta, através de mais transparência, comunicação da informação e apoio à prevenção e detecção e comportamentos incorrectos. É uma forma das Organizações responderem de modo proactivo, preventivo e planeado aos acontecimentos que podem afectar os objectivos estratégicos e táticos das Organizações (Soares et al., 2005).

A este nível Oliveira (2012) adopta um modelo, apresentado na Norma UNE 81905:1997 EX (Figura 1), considerando “o processo de gestão de riscos como um sistema sequencial de actuações com uma componente recorrente – materializada no conceito de monitorização – que engloba os conceitos de avaliação e de análise dos riscos”.

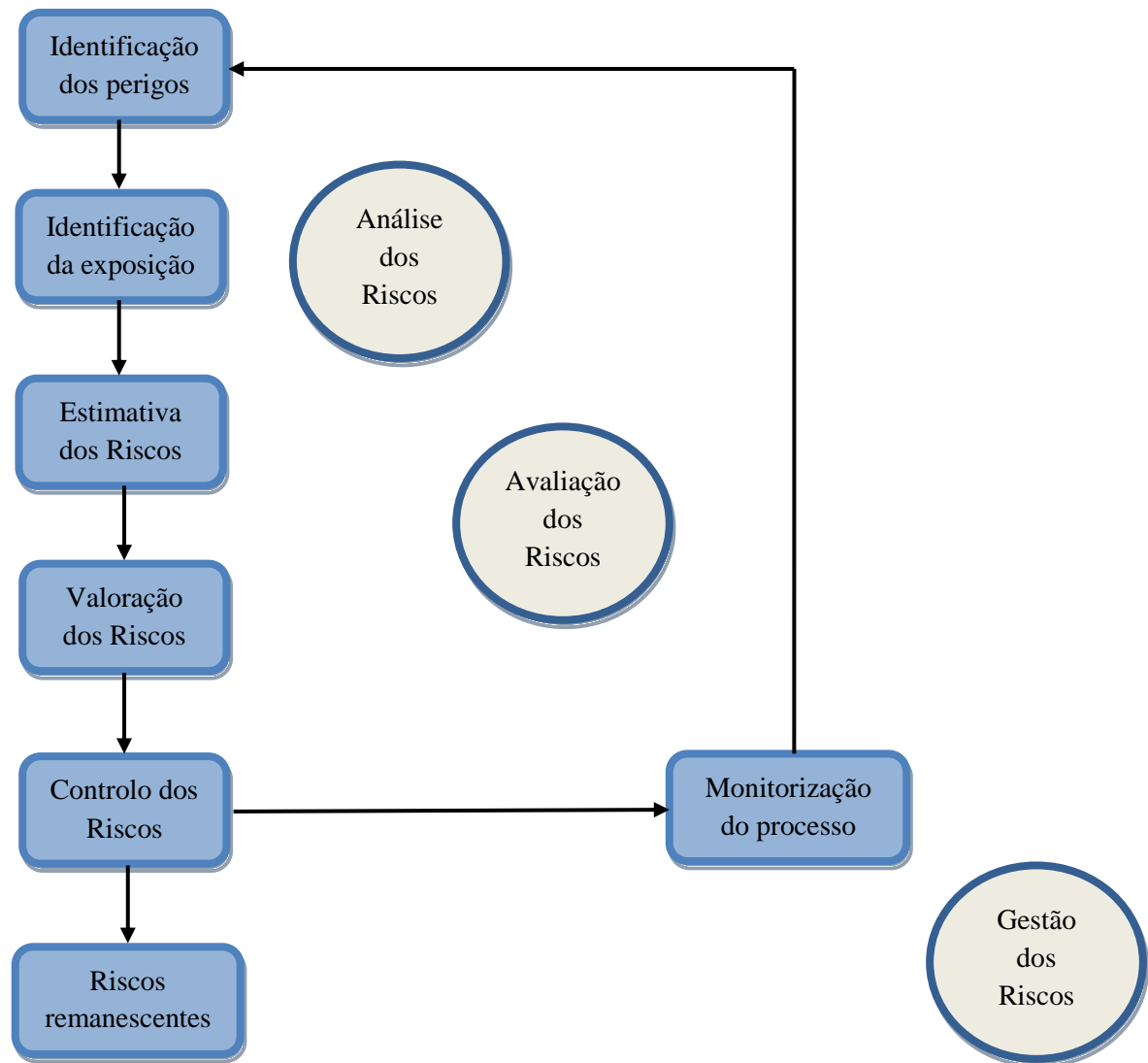


Figura 1 – Representação esquemática do processo de gestão dos riscos (Oliveira, 2012)

A partir do diagrama apresentado na Figura 1 verifica-se que a gestão de risco envolve várias etapas e tem como objectivo a análise, valorização e controlo dos riscos. Lluna (1999) afirma que a análise inclui a identificação dos perigos e a estimativa dos riscos correspondentes; a valoração do risco permite verificar se o risco estimado é tolerável ou não e ao controlo do risco está inerente a tomada de decisões a adoptar para a eliminação ou redução do risco, através de medidas preventivas, a comprovação da sua eliminação e a reavaliação do risco remanescente. Sendo esta fase considerada, por Oliveira (2012) como a fase central no processo de gestão de riscos, que implica a aplicação de tecnologias,

processos e métodos variados e específicos para um conhecimento profundo do risco em função do tipo e importância deste.

A etapa de monitorização inerente ao processo de gestão permite definir medidas adequadas para manter os níveis de segurança adequados, ou seja, manter o risco dentro de limites que se considerem aceitáveis para prevenir acidentes de trabalho e doenças profissionais.

A gestão dos riscos consiste assim num meio para a tomada de decisões no sentido de evitar ou diminuir riscos não toleráveis.

Como directriz para a gestão de riscos, esta “deve ser exercida em todas as fases do ciclo de vida das instalações e dos produtos” (Cardella, 1999:71). E o autor Lluna (1999:170) realça que a “actividade de gestão dos riscos se pode considerar que constitui o coração da segurança e prevenção industrial, porque está focalizada nos perigos e riscos derivados existentes no posto de trabalho.” Devido ao facto de que a eliminação ou minimização das consequências dos acidentes e incidentes que têm origem nos perigos e riscos existentes é o objectivo prioritário da prevenção.

Neste sentido, surgem os princípios fundamentais da prevenção de riscos, que segundo a Directiva-Quadro são os seguintes:

- Evitar riscos;
- Avaliar os riscos que não podem ser evitados;
- Combater os riscos na fonte;
- Adaptar o trabalho ao indivíduo, especialmente no que se refere à concepção dos locais de trabalho e à escolha dos equipamentos de trabalho e dos métodos de produção;
- Adaptar as condições de trabalho ao progresso técnico;
- Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
- Desenvolver uma política de prevenção global e coerente que abranja a tecnologia, a organização do trabalho, as condições de trabalho, as relações sociais e a influência de factores relacionados com o ambiente de trabalho;

- Conferir às medidas de protecção colectiva prioridade sobre as medidas de protecção individual;
- Dar instruções adequadas aos trabalhadores.

Nesta perspectiva, deverá entender-se a prevenção como um processo contínuo e fundamental no domínio da organização da empresa através da adopção de um conjunto de medidas em todas as actividades e processos organizativos com o objectivo de evitar ou diminuir os riscos derivados do trabalho.

1.2.1. Análise de Risco

A análise de risco é o método de analisar um dado processo ou sistema com vista a determinar os riscos a que está sujeito.

Como se pode visualizar na Figura 1 a análise de risco compreende 3 etapas, que consistem na identificação dos perigos, identificação das pessoas expostas e estimativa do risco. De acordo com Roxo (2003), procede-se a uma decomposição detalhada e analítica do objecto de estudo, que pode ser uma tarefa, um local, um equipamento de trabalho, uma situação de trabalho, a organização, um sistema, no sentido de caracterizar os riscos de uma forma o mais completa possível.

Esta etapa do processo de gestão dos riscos permite assim identificar os perigos que estão presentes numa dada situação de trabalho e as suas possíveis consequências, em termos de danos que as pessoas que estão expostas possam vir a sofrer (Carvalho, 2013). Razão pela qual esta etapa é considerada como a mais crítica em todo o processo, na medida em que um perigo não identificado é um risco não avaliado e conseqüentemente não controlado (Gadd et al., 2003 e Main, 2004, citado por Carvalho, 2013).

A identificação dos perigos deve basear-se na reunião de informação pertinente, sendo esta legislação, manuais de instruções das máquinas, fichas de dados de segurança de substâncias ou preparações perigosas, processos e métodos de trabalho, dados estatísticos, experiência dos trabalhadores, entre outras (Roxo, 2003). Esta informação proporciona o conhecimento da magnitude do risco, baseada na sua probabilidade de ocorrência e na sua gravidade, consequência da materialização do perigo.

Segundo Roxo (2003), a análise de riscos engloba duas grandes vertentes metodológicas – análise à priori com métodos pró-activos que visam equacionar a acção preventiva e a análise à posteriori com métodos reactivos, que são utilizados após a ocorrência do acidente.

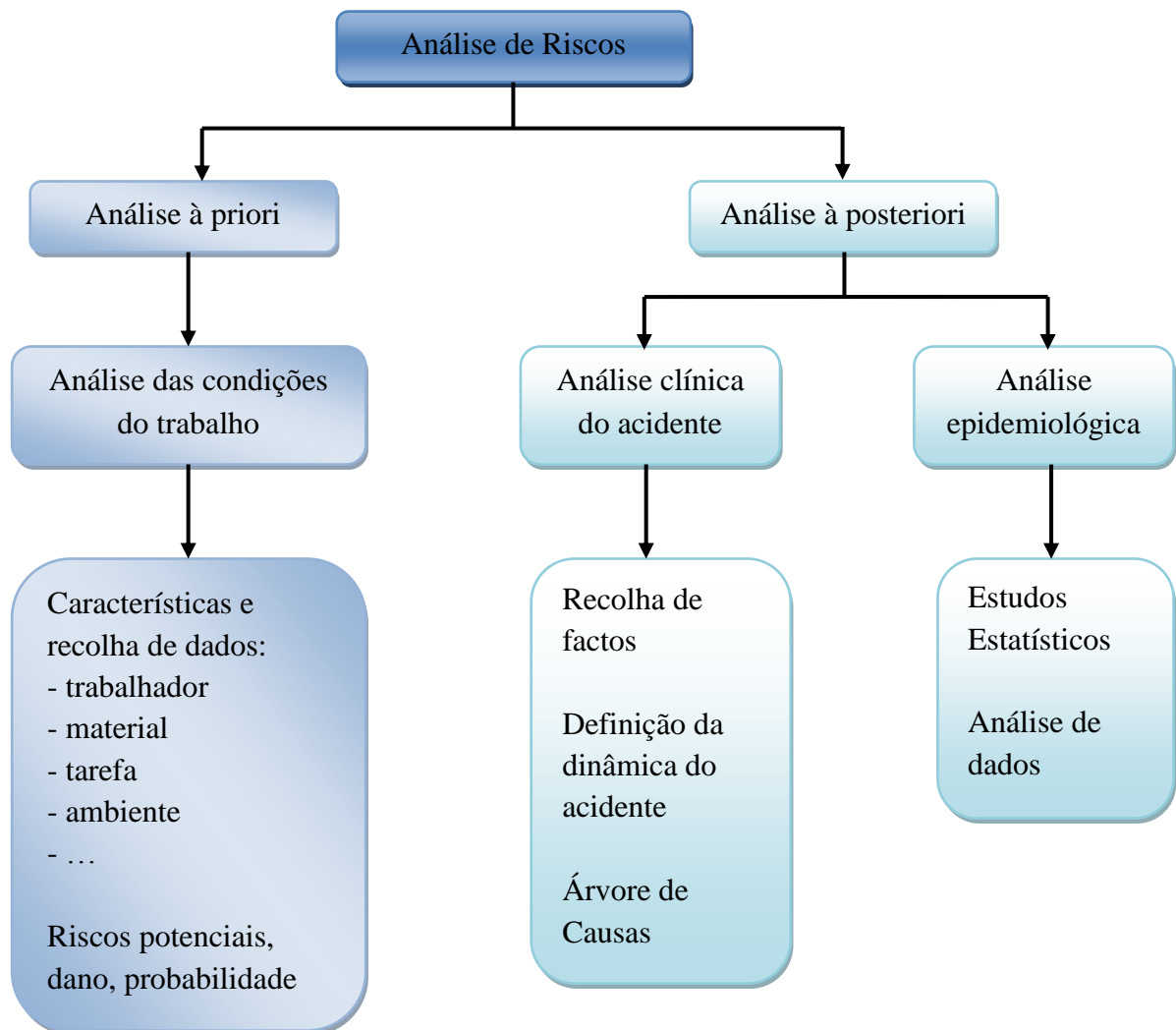


Figura 2 – Métodos de Análise de Riscos (Adaptado de Roxo, 2003)

Como já foi referido anteriormente, associado ao conceito de risco estão os factores humanos e organizacionais que são muito importantes a ter em conta na análise dos riscos. Segundo Soares et al. (2005:25) “há vários métodos disponíveis que se baseiam em parte em conceitos de psicologia e sociologia que explicam como as pessoas actuam em dadas circunstâncias e como podem resultar erros de tais actuações”.

1.2.2. Avaliação de Risco

A avaliação de riscos do trabalho consiste na valoração dos riscos, que se traduz na análise da importância dos riscos que são identificados no contexto de trabalho, ou seja, permite a tomada de decisões a partir dos níveis de risco ou a sua magnitude, no sentido de hierarquizar as acções de prevenção e de correcção. Possibilita a adopção de medidas capazes de eliminar os riscos na origem, ou de os reduzir a níveis aceitáveis, através de medidas de engenharia, administrativas ou outras.

De acordo com a EU-OSHA (2009) a avaliação dos riscos constitui a pedra angular da gestão da segurança e saúde no trabalho, visto que, sem uma avaliação de riscos eficaz não serão tomadas medidas preventivas apropriadas.

Existem diversos métodos de avaliação de risco, desenvolvidos ao longo dos anos para aplicação de acordo com as necessidades das organizações e adequados às mais diversas actividades. Segundo Lluna (1999:176) os métodos utilizados para a avaliação dos riscos, atendendo aos resultados que se podem obter, classificam-se em duas categorias que iremos analisar de seguida: métodos qualitativos e métodos quantitativos.

O autor Lluna (1999:174) afirma que o risco pode ser estimado ou calculado e excepto nos casos concretos em que a adopção de medidas preventivas implicam custos elevados, não é necessário efectuar a avaliação numérica do risco para a adopção das respectivas medidas preventivas. Visto que, no caso de estas serem óbvias e de baixo custo, o mesmo autor destaca que se recorre frequentemente à avaliação qualitativa do risco, a partir da análise qualitativa da probabilidade e consequências do risco, aquando da identificação dos perigos.

Conforme Soares et al. (2005) é possível estabelecer os respectivos níveis de risco, de acordo com parâmetros pré-definidos, com recursos a técnicas ou métodos qualitativos e/ou quantitativos apropriados (FMEA, Árvore de Falhas, Lista de Verificação, etc...) que permitem determinar, caracterizar e avaliar a fiabilidade e os factores de risco de um dado equipamento, sistema, área, sector ou instalação.

1.2.2.1 Métodos Quantitativos

A avaliação quantitativa envolve o uso de dados numéricos o que proporciona um resultado quantitativo.

Segundo Roxo (2003:192), os métodos quantitativos “visam obter uma resposta numérica à estimativa da magnitude do risco e são úteis quando exista a necessidade de aprofundar o estudo para justificar o custo ou a dificuldade na adopção de algumas soluções preventivas.”

Esta abordagem tem a característica de ser mais objectiva e possivelmente mais precisa. O autor Ericson (2005) realça que se deve, contudo, notar que os resultados quantitativos podem ser influenciados pela validade e precisão dos números de entrada. Por esta razão, os resultados quantitativos não devem ser vistos como um número exacto mas como uma estimativa com uma gama de variabilidade dependendo da qualidade dos dados. Este facto é também realçado por Cardella (1999:109) que afirma que os métodos quantitativos requerem sofisticadas técnicas de cálculo e bancos de dados nem sempre disponíveis ou confiáveis. No entanto, Roxo (2003) considera também muito importante a desvantagem relativa à dificuldade na análise completa da realidade em causa, devido à complexidade de avaliação do peso do contributo da falha humana e das falhas múltiplas ocasionadas no mesmo acontecimento.

1.2.2.2 Métodos Qualitativos

A gravidade e a probabilidade de ocorrência dos riscos associados aos perigos identificados podem ser avaliadas numa base qualitativa, a partir da utilização de determinados elementos como a comparação do histórico de dados estatísticos relativos por exemplo, à sinistralidade da empresa ou do sector da actividade económica, o que é esperado acontecer de acordo com a opinião de pessoas experientes e dos trabalhadores ou dos seus representantes para a segurança e saúde do trabalho (Roxo, 2003).

Segundo Ericson (2005), esta abordagem tem a característica de ser subjectiva, de não apresentar resultados numéricos, mas permite uma maior generalização, e portanto, é um método menos restritivo. Apresenta outras características realçadas pelo mesmo autor, em

comparação com os métodos quantitativos, como ter um custo mais baixo, ser menos complexo e detalhado e conseqüentemente uma menor dificuldade e menos tempo requerido, raramente requer ferramentas e requer menos conhecimentos técnicos, o que resulta em métodos com menor precisão.

1.2.2.3 Métodos Semi - Quantitativos

Quando a avaliação realizada pelos Métodos Qualitativos se torna insuficiente para alcançar uma adequada valoração de risco e a complexidade subjacente aos Métodos Quantitativos não justifica o custo associado à sua aplicação, pode recorrer-se a Métodos Semi-Quantitativos (Carvalho, 2013).

Neste tipo de métodos a expressão numérica para a magnitude do risco pode ser obtida por recurso a métodos simplificados, como por exemplo o Método da Matriz de Risco, que recorre a uma escala de hierarquização da Probabilidade (P) e da Gravidade (G) para valoração do risco profissional, tendo por base a seguinte equação:

$$R=P \times G$$

Ou seja, os métodos semi-quantitativos permitem determinar um valor numérico da magnitude do risco profissional a partir do produto da probabilidade do risco profissional se manifestar pela gravidade esperada pelas lesões (Verlag Dashofer, 2013).

1.3 Metodologias de Análise e Avaliação do Risco

As metodologias apresentadas de seguida têm como objectivo determinar, caracterizar e avaliar os factores de risco de um dado sistema, área, sector, instalação ou equipamento e estabelecer os respectivos níveis de risco, de acordo com parâmetros pré-definidos.

1.3.1 Método de Análise das Energias

A análise energética é uma metodologia de ordem técnica, indutiva e qualitativa, e consiste na identificação das fontes de energia que podem, na situação em análise, causar danos, nomeadamente ao ser humano (Didelet et al, 1999), visto que o dano é provocado por uma transferência de energia descontrolada do sistema de trabalho para a pessoa exposta.

Este método propõe-se a obter uma visão global de todas as formas de energia de uma instalação ou sistema que pode provocar danos ao ser humano: energia potencial, cinética, eléctrica, química, térmica, radiações, explosões e incêndios, pressão armazenada, movimentos de rotação, entre outras, aos quais estão inerentes as fontes de energia que são considerados elementos perigosos quando usados dentro de um sistema:

1. Combustíveis	12. Geradores eléctricos
2. Propulsores	13. Fontes de energia de rádio frequência
3. Iniciadores	14. Fontes de energia radioactiva
4. Cargas explosivas	15. Queda de objectos
5. Condensadores eléctricos carregados	16. Objectos catapultados
6. Baterias de armazenamento	17. Dispositivos de aquecimento
7. Cargas eléctricas estáticas	18. Bombas, ventiladores, compressores
8. Recipientes de pressão	19. Máquinas rotativas
9. Dispositivos de mola	20. Dispositivos de actuação
10. Sistemas de suspensão	21. Nuclear
11. Geradores de gás	22. Criogenia

Tabela 1 – Exemplo de Lista de Verificação de risco para as fontes de energia (adaptado de Ericson, 2005).

Segundo Didelet (1999) este método encontra-se associado à existência de barreiras protectoras que podem evitar a transferência de energia e prevenir o dano ou lesão.

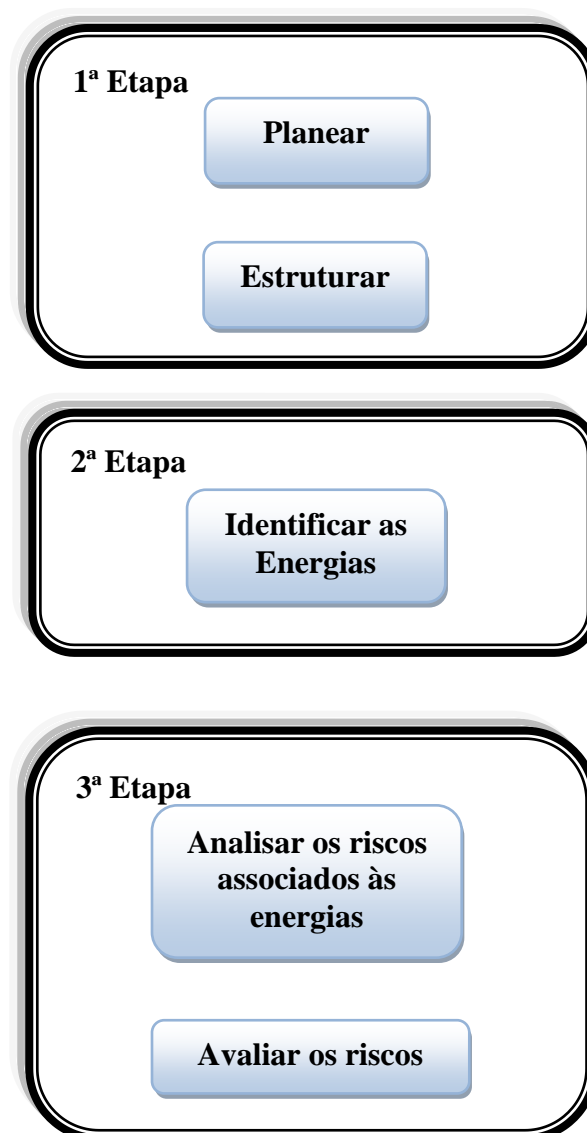
Este método de avaliação de risco, segundo Loureiro et al. (2013,online) é composto por quatro etapas principais:

1ª – Planificação/ Estruturação: consiste na identificação das partes constituintes do sistema (equipamentos e processos) que originam risco;

2ª – Identificação das energias: consiste na identificação das formas de energia presentes no sistema associadas aos perigos correspondentes. Nesta etapa deve ainda ser decidido que energias devem ser incluídas na análise e avaliação, mas deve ser considerada toda a energia que possa causar danos ao ser humano. E não deve ser excluído um tipo de energia apenas porque parece improvável que um ser humano possa ficar exposto a ela.

3ª – Análise/ Avaliação das energias identificadas: consiste na análise dos riscos associados a cada forma de energia identificada na fase anterior e abrange todos os danos admissíveis aos quais um ser humano possa estar exposto e considera também qualquer barreira existente e a probabilidade de ocorrência de danos.

4ª – Proposta de medidas de segurança: consiste na descrição das formas de energia presentes no sistema mais importantes e as respectivas propostas de medidas de segurança.



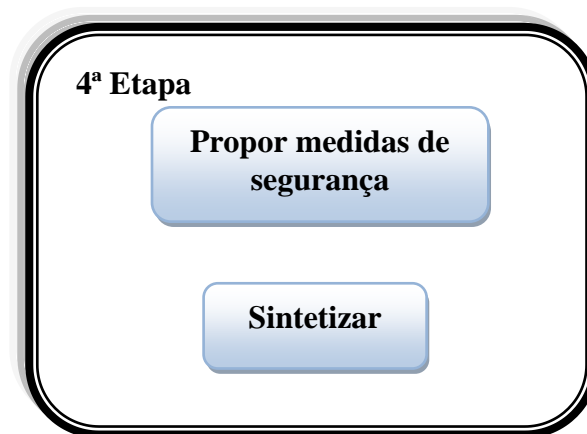


Figura 3: Etapas de uma Avaliação Energética (Adoptado de Loureiro et al, 2013)

Utiliza Listas de Verificação (“check-list”) onde são analisados os riscos associados às fontes de energia que são considerados elementos perigosos quando usados dentro de um sistema (Ericson, 2005). O perigo é inerente aos diferentes modos de libertação de energia que são possíveis a partir de fontes de energia perigosas, ou seja, cada forma de energia é avaliada tendo em conta os danos concebíveis a que um ser humano pode ficar sujeito por se ter exposto a essa forma de energia (Didelet et al, 1999). O risco é identificado a partir da identificação das energias e dos perigos associados.

O método, por si mesmo, não tem qualquer instrumento para proceder à análise do risco, sendo que a 3ª etapa tem que ser executada com outra ferramenta adicional, como é o caso de uma Análise Preliminar de Riscos (APR), em que os riscos são identificados indutivamente, pelo estudo de como pode o evento indesejável acontecer. Para proceder à avaliação ou valoração do risco pode ser aplicada uma matriz de risco. Segundo Didelet (1999) a avaliação de cada forma de energia poderá ter como resultado: inexistência de perigo; risco aceitável; risco médio e elevado risco. O método termina com a proposta de medidas de segurança concretas, quando o risco é médio ou elevado.

1.3.2 Análise Preliminar de Riscos (APR)

A Análise Preliminar de Riscos (APR) é um método indutivo e qualitativo e segundo Roxo et al. (2003) assenta em duas técnicas, a de identificação de perigos (APP) e análise de

riscos (APR), que remetem para a identificação de acontecimentos perigosos e causas para reconhecimento das suas prováveis consequências e com a definição das respectivas medidas de controlo.

Freitas (2008) e Lluna (1999), realçam a aplicação do método na fase inicial de um novo projecto, que identifica os riscos potenciais num sistema ou estrutura a implementar e estuda a melhor forma de os eliminar na concepção ou reduzir o seu impacto, factos que se revelam fundamentais para reduzir custos e evitar acidentes graves. A este nível, Roxo (2003:155) afirma que a APR permite uma primeira abordagem sobre o objecto de estudo, podendo ser este uma área, um sistema, um conjunto de procedimento, um projecto, uma actividade ou um processo produtivo, e destaca o facto de corresponder a uma fase de concepção ou desenvolvimento prematuro de um novo sistema, o que remete para uma apreciação primária de problemas, num momento em que são conhecidos poucos detalhes finais de um dado projecto. É também defendido pelo mesmo autor que a eficácia desta metodologia “será tanto mais evidente, quanto mais significativo for o volume e a qualidade de informação disponível.”

Ericson (2005:74) que afirma que é uma metodologia simples e fácil de entender, defende que esta também requer bons conhecimentos básicos de segurança do sistema em estudo, bem como experiência a fim de identificar e analisar todos os perigos. Freitas (2008) e Lluna (1999) também destacam a importância da informação respeitante a acidentes ocorridos em situações similares noutras organizações.

A utilização desta metodologia tem como objectivo a detecção dos perigos inerentes aos produtos, processos e serviços utilizados e permite uma valoração estimativa dos riscos e facilita a adopção prévia de medidas para a eliminação ou redução dos riscos associados e antecipa a utilização de outras metodologias a desenvolver em fases posteriores da actividade, no caso, da necessidade de aprofundamento de uma análise mais detalhada sobre os riscos (Freitas, 2008; Lluna, 1999).

Segundo Roxo (2003) e Almeida (2013) a aplicação deste método pode seguir as fases que se apresentam de seguida:

- Recolha da informação sobre o objecto de estudo que pode envolver dados já identificados pela organização;

- Divisão do objecto de estudo em elementos, como por exemplo em trabalhos e subdivisão de cada trabalho em tarefas;
- Selecção dos elementos do objecto de estudo que se pretendam analisar;
- Através de um processo de listagem analisar os componentes relevantes (fontes de energia, funções, operações, materiais, matérias primas, equipamentos...) utilizados para a realização de cada tarefa e que possam representar perigo para as pessoas expostas (trabalhadores e/ou terceiros);
- Identificação e análise dos eventos perigosos e das suas respectivas consequências, de forma a permitir a valoração e a hierarquização dos riscos derivados;
- Estabelecimento de medidas de controlo dos riscos e de emergência ou identificação de outras necessidades de análise de riscos com recurso a outros métodos;
- Repetição do processo para outros eventos perigosos;
- Selecção de outro elemento do objecto de estudo e repetição do processo.

Todo este processo remete para a sintetização dos resultados inerentes a cada operação em estudo num quadro de colunas, como o que se apresenta seguidamente:

Análise Preliminar de Riscos (APR)				
Definição da Operação				
Materiais a utilizar	Equipamentos a utilizar	Modos operatórios	Riscos	Técnicas de Prevenção

Tabela 2: Análise Preliminar de Riscos (adaptado de Roxo, 2005)

1.3.3 Estudo de Identificação de Perigos e de Operabilidade (HAZOP)

O método HAZOP (Hazard – perigo e Operability – Operabilidade) classifica-se como uma técnica indutiva e qualitativa e caracteriza-se pela identificação dos perigos e problemas operacionais de forma sistemática, ou seja, consiste no estudo dos desvios ao processo operacional e aos padrões estabelecidos como normais no sistema em análise.

Permite estimar as consequências das falhas, identificando as causas, a partir das quais se estabelece as medidas preventivas (Freitas, 2008).

Segundo Lluna (1999:198) é um dos métodos com maior utilização e um dos mais recomendados e deve ser aplicado a todas as instalações existentes, novos projectos e às modificações que lhes sejam efectuadas.

As instalações são projectadas em conformidade com os parâmetros pré-definidos como condições normais de trabalho, mas estas devem ser capazes de suportar alterações, ainda que sejam ocasionais, sem provocar danos às pessoas e aos materiais. A avaliação de riscos deve considerar todas estas possíveis variações, originadas por diversificadas causas como falhas ou deficiências, que influenciam os processos das instalações e a capacidade de resposta do sistema a estas situações. Ou seja, deve ser avaliado a relação entre os riscos e os seus factores que dependendo das circunstâncias geram diferentes níveis de perigosidade e de gravidade das suas consequências e que têm que ser necessariamente ponderadas.

Ericson (2005) considera o HAZOP um método muito organizado e estruturado. Contudo, este implica uma cuidadosa observação sobre as etapas envolvidas na instalação, visto que, têm que ser consideradas todas as variáveis das quais podem surgir possíveis alterações.

A aplicação deste método requer, segundo Lluna (1999:198) a divisão prévia da planta do projecto da instalação em circuitos completos, que posteriormente se subdividem em partes ou em linhas que tenham ao princípio e ao fim importantes equipamentos (ex.: bomba e recipiente, bomba e reactor, etc.). Neste sentido, o mesmo autor considera necessário para a aplicação deste método a seguinte informação:

- Descrição da instalação, incluindo os tipos e quantidades de produtos utilizados, assim como os tipos e características das reacções que ocorrem;
- Diagrama do fluxo;
- Diagrama de engenharia (tubos e instrumentação);
- Manual de operação;
- Bloqueios de segurança dos elementos de controlo dos processos.

Neste método são utilizadas palavras-chave e diagramas do sistema (representações do projecto) para identificar os riscos do sistema e averiguar os potenciais desvios das operações normais. Consiste em combinar palavras como mais, não, menos, com condições do sistema, tais como a velocidade, o fluxo, a pressão, temperatura, de forma a descrever os desvios associados. Para a realização deste método é necessário uma equipa de especialistas com 5 ou 6 elementos, que aplica as palavras-chave e analisa a informação disponível na planta das instalações, nos diagramas de operações, nas fichas de dados de segurança, etc. (Freitas, 2008:311).

Vejamos, então o significado do conjunto de palavras-chave que visam organizar a identificação dos desvios:

Palavra - chave	Significado	Comentário
Não	Desvio total face ao desenho/ projecto.	Nenhuma parte do projecto é cumprida, por exemplo “não há pressão”, “não há fluxo”, etc.
Mais, menos	Aumento ou decréscimo quantitativo.	Refere-se a quantidades e propriedades físicas ou decréscimo de parâmetros de desenho, tais como fluxo, temperaturas, viscosidade, etc.
Tanto como	Algo ocorre, para além do previsto no desenho.	O projecto é cumprido, mas há factores novos não previstos.
Parte de	O desenho só é executado parcialmente.	Aditamento parcial ou remoção de material. As actividades não estão completas (por exemplo, falta de algum complemento).
Contrário	Situação oposta à previsão do desenho.	Fluxo inverso, reacção química oposta à previsão, etc.
Outro que	Substituição total.	O objectivo inicial do desenho não foi planeado, ocorrendo uma actividade diversa (por exemplo vibrações, falha eléctrica, rotura, etc.)

Tabela 3: Palavras – chave do Método Hazop (adaptado de Freitas, 2008)

Com base no autor Roxo (2003:153), o método Hazop é realizado, seguindo a seguinte sequência, com a aplicação das palavras-chave apresentadas anteriormente:

1. Selecção de uma linha de processo;
2. Imaginar a linha do processo a operar nas condições normais de projecto;
3. Seleccionar uma variável de processo e aplicar as palavras-chave e identificar os desvios;
4. Identificar as causas dos desvios perigosos;
5. Avaliar, qualitativamente, as consequências dos desvios perigosos;
6. Verificar se existem meios para o operador conhecer se o desvio está em curso;
7. Determinar as medidas de controlo dos riscos e de controlo de emergência;
8. Seleccionar outra variável do processo e aplicar as palavras-chave;

Após analisadas as variáveis, deve se repetir estes mesmos passos para as outras linhas do processo. Posteriormente, após a análise das linhas devem ser seleccionados os equipamentos aos quais também serão aplicadas as palavras-chave às funções por eles exercidas e às suas variáveis do processo.

A partir desta análise formula-se com base num quadro os desvios e as suas causas possíveis, as respectivas consequências e as medidas de prevenção necessárias a fim do eficaz e seguro funcionamento do sistema em causa:

HAZOP				
Palavra - chave	Desvio/ Falha	Causas	Consequências	Medidas de controlo de risco e de emergência
Mais	Pressão mais alta	- Deficiente dimensionamento; - Entupimento da tubagem.	Alimentação insuficiente dos motores	- Ensaios prévios ao funcionamento; - Manutenção.

Tabela 4: Exemplo de aplicação do método HAZOP (adaptado de Freitas, 2008)

1.3.4 Análise do Modo de Falhas e Efeitos (FMEA)

A Análise do Modo de Falhas e Efeitos, conhecida como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma metodologia de ordem técnica, indutiva e qualitativa e tem por objectivo a avaliar o sistema, o projecto, o processo ou o serviço, nas várias possibilidades de falhas (problemas, erros, riscos, preocupações) que podem ocorrer (Stamatis, 1995).

Segundo Cardella (1999), um componente de um sistema falha quando este executa inadequadamente uma função ou deixa de executá-la, sendo que este componente pode ser um Homem ou um equipamento, que são elementos activos dos sistemas. Na quase totalidade dos casos, os acidentes ocorrem devido a algum tipo de falha, e devido a este facto, Cardella (1999) considera que as falhas são factores de risco e realça a importância da existência de um sistema de controlo de falhas como um subsistema do sistema de controlo dos riscos, uma ferramenta essencial para identificar a possibilidade de falhas e adoptar medidas para eliminá-las, reduzir a sua frequência ou neutralizar os efeitos.

Esta técnica foi concebida para a indústria automóvel, com linhas de montagem uniformes, sendo importante referir que o FMEA também pode ser aplicado a áreas não industriais, como por exemplo para analisar um risco de um processo de administração ou para avaliação de um sistema de segurança (Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2008).

A análise FMEA define-se como uma metodologia objectiva que permite avaliar e minimizar riscos por meio da análise das possíveis falhas (determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha) e implantação de acções para aumentar a confiabilidade (Toledo et al.,s/data). Sendo que se o FMEA for conduzido de forma adequada e apropriada vai proporcionar ao profissional informação útil que pode contribuir para diminuir a carga de risco no seu posto de trabalho, a nível do sistema, projecto, processo e serviço, o que se deve ao facto de ser um método lógico e progressivo de análise de potenciais falhas o que permite que as tarefas sejam realizadas de forma mais eficaz (Stamatis, 1995). O FMEA permite essencialmente examinar todas as formas de uma falha ocorrer e das suas causas e efeitos antes do sistema, projecto, processo e serviço estar finalizado. Segundo Soares et al (2005) esta metodologia foi criada para uma acção

preventiva, antes da ocorrência do evento. De forma a ser um método mais eficaz o FMEA deve ser aplicado antes da execução de um produto ou processo, ou seja, sobre novos projectos, ou na resolução de problemas que venham a ocorrer em produtos e/ou processos já em operação, para que se determine todos os riscos decorrentes das falhas potenciais. Para cada falha, é feita uma estimativa do seu efeito, a partir da utilização de três factores que auxiliam na definição de prioridades de falhas, sendo estes a gravidade, a ocorrência e a detecção sobre o sistema, projecto, processo ou serviço (Stamatis, 1995).

Cardella (1999:108) considera que as falhas dos sistemas de controlo podem ter três causas: falha humana, falha de equipamento e inexistência de sistema de controlo. Este mesmo autor destaca que o conhecimento dos modos de falha é um requisito essencial para a aplicação do FMEA, sendo que qualquer componente, homem ou equipamento, pode falhar.

O FMEA pode ser aplicado em instalações com diferentes graus de complexidade, desde componentes até à globalidade do sistema. As acções resultantes do FMEA contribuem para reduzir e eliminar a possibilidade de implementação de uma mudança que criaria uma falha. Pelo exposto podemos avaliar a importância destes conceitos na manutenção e na prevenção do risco industrial (Soares et al, 2005).

Stamatis (1995), defende a existência de quatro tipos de FMEA, sendo estes o FMEA do Sistema, o FMEA do Projecto, o FMEA do Processo e o FMEA do Serviço. Embora outros autores dividam apenas em dois tipos de FMEA, destacando-se o FMEA de Concepção/Produto e FMEA de Processo (Ericson, 2005).

Sendo que para esta dissertação o pressuposto assumido será a existência de quatro tipos de FMEA, dos quais segue uma breve descrição de cada um, para uma melhor distinção de cada um:

- FMEA do Sistema: usado para analisar os sistemas e subsistemas na sua fase inicial e na fase de projecto, incidindo sobre os modos de falhas potenciais nas funções do sistema causadas pelas deficiências do sistema, focando as interacções entre o sistema e os seus elementos.

- FMEA do Projecto: utilizado para analisar produtos antes de serem produzidos e incide sobre os modos de falha provocados pelas deficiências do projecto.
- FMEA do Processo: usado para analisar processos de produção e montagem e incide sobre os modos de falha causados pelas deficiências existentes nos processos de produção e montagem, de forma a que o processo seja o mais seguro possível.
- FMEA do Serviço: usado para analisar serviços antes que atinjam o cliente final e incide sobre os modos de falha (tarefas, erros) causados por deficiências do processo ou sistema. (Stamatis, 1995)

Na aplicação dos diferentes tipos de FMEA resulta um planeamento de acções de melhoria e a definição das acções correctivas prioritárias. O que demonstra que a forma como são aplicados é muito semelhante, apenas incidem sobre diferentes objectos de análise.

Nesta dissertação é feita uma abordagem geral ao método FMEA, sendo importante referir que será um dos métodos aplicado no caso de estudo e por isso será tratado de uma forma mais aprofundada, dando relevo ao FMEA de Serviço e FMEA de Processo, mais à frente.

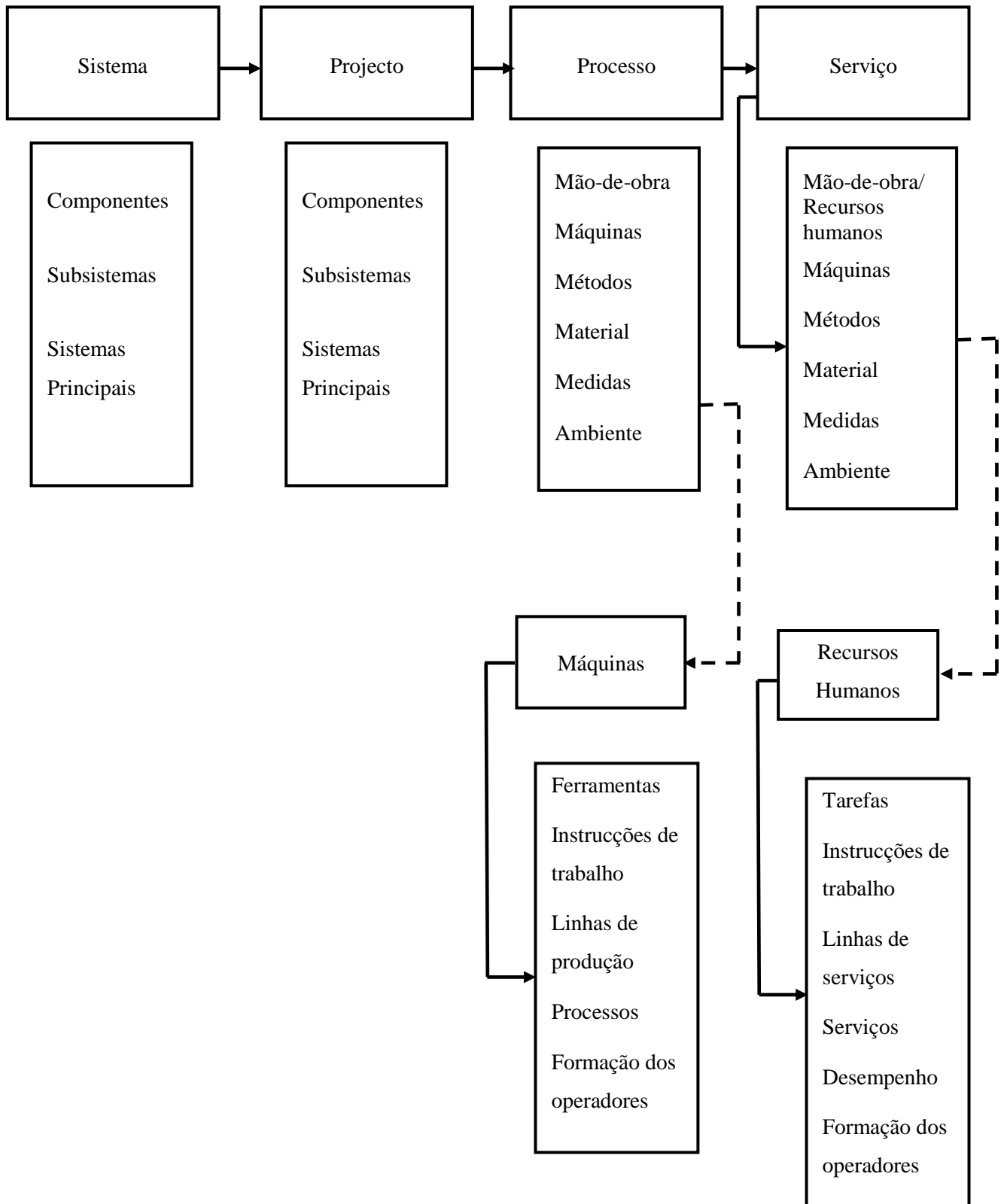


Figura 4: Relação entre os quatro tipos de FMEA (adaptado de Stamatis, 1995)

Segundo Stamatis (1995:26), um bom FMEA:

- Identifica conhecidos e potenciais modos de falha;
- Identifica causas e efeitos de cada falha;
- Hierarquiza os modos de falha identificados de acordo com o número prioritário de risco (RPN – Risk Priority Number) – o produto da frequência da ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D);
- Fornece acompanhamento dos problemas e implementa acções correctivas.

O mesmo autor defende que depois da análise FMEA começar, torna-se um documento vivo e que nunca está realmente completo. É uma verdadeira ferramenta dinâmica de aperfeiçoamento, porque independentemente da fase inicial, vai ser utilizada a informação para melhorar o sistema, o projecto, o produto, o processo ou o serviço, sendo actualizado continuamente e sempre que necessário.

O desenvolvimento de uma avaliação eficaz de FMEA, segundo Stamatis (1995), deve seguir uma abordagem sistemática, recomendando um método de oito fases:

1. Seleccionar a equipa que deve ser multifuncional e multidisciplinar e empenhada em contribuir para um desenvolvimento eficaz do método. Esta equipa deve hierarquizar de forma prioritária as oportunidades de melhoria, definir que tipo de problemas estão presentes e se estão associados a alguma situação em particular.
2. Aplicação das ferramentas – diagrama de blocos de funções e fluxograma de processos – que servem de modelo de trabalho para ajudarem a compreender as relações e interacções, dando uma visão global dos sistemas, sub-sistemas, componentes, processos e serviços. Para realizar o FMEA em sistemas ou projectos, é aplicável o diagrama de bloco de funções e no FMEA de processos e serviços, aplica-se o fluxograma de processos.
3. Depois de a equipa definir o problema, deve responder a questões como o que é mais importante e por onde deve começar, dando prioridade às falhas potenciais e verificando os efeitos/consequências das falhas para o sistema, ambiente e o próprio componente.

4. A importante recolha de dados realizada pela equipa, que nesta fase deve começar por organizar a informação sobre as falhas e a classificá-la apropriadamente. É também nesta fase que a equipa começa a preencher o formulário FMEA. As falhas identificadas são os modos de falha do FMEA.

Vejamos de seguida um formulário FMEA:

Tipo de FMEA: _____ Outros envolvidos: _____ Data de FMEA: _____															
Preparado por: _____ Responsáveis: _____ Página _____ de _____ Páginas															
Sistema/ Projecto/ Processo/ Serviço/ Função	Modo de falha potencial	Efeito Potencial da falha	Causa potencial de falha	Método de detecção	O	S	D	RPN	Acções recomendadas	Pessoa responsável Data de conclusão	Resultados das Acções				
											Acções Tomadas	S	O	D	RPN
1	2	3	4	5	6			7	8	9					

Figura 5: Exemplo de um formulário de um FMEA (adaptado de Stamatis, 1995)

5. Realização de uma análise qualitativa ou quantitativa, que vai abordar a informação recolhida a partir das datas das falhas, permitindo adquirir conhecimento que vai contribuir para a tomada de decisão. Esta informação vai ser utilizada para preencher as colunas relativas aos efeitos das falhas e controlos existentes.
6. Da fase anterior, resultam dados derivados, que serão utilizados para quantificar a severidade, ocorrência, detecção e o RPN. Estes dados revelam-se como uma grandeza relativa e são centrais na decisão da existência ou não de acções de controlo.
7. Após registo dos dados anteriores, é fundamental confirmar, avaliar e medir o sucesso ou falha, no sentido de responder a questões como se a situação se encontra melhor ou pior ou se encontra na mesma que a anterior. A informação resultante será utilizada para compensar os efeitos das falhas, com o desenvolvimento de diferentes recomendações ajustadas ao controlo dos riscos.

8. Esta última fase caracteriza-se por fazer tudo de novo, devido ao facto de que independentemente das respostas dadas na fase anterior, a filosofia subjacente ao FMEA é a melhoria contínua, logo a equipa deve procurar melhorar sempre.

Resumindo e como já foi referido anteriormente, o objectivo da técnica FMEA é eliminar e/ou reduzir falhas conhecidas e potenciais antes que estas cheguem ao cliente final. Desta forma, Stamatis (1995:45) realça a importância da existência de um plano documentado como um mapa, sobre as principais características do sistema em análise, que irá permitir controlar, melhorar e tratar alterações existentes e assim alcançar-se um produto e/ou serviço aceitáveis para o cliente final. Revela-se assim, uma técnica que não se limita apenas na busca das falhas, mas também na busca de soluções.

Vejamos, agora, de forma mais aprofundada os respectivos elementos para preenchimento do formulário do FMEA abordado na figura. Sendo importante referir, que de acordo com Stamatis (1995) não existe um formulário específico para os vários tipos de FMEA.

1. A 1ª coluna identifica o item a ser analisado (se consiste num FMEA de Sistema, Projecto, Processo ou Serviço). A descrição do propósito do item ou a sua função também é útil e deve ser incluído.
2. Tendo conhecimento das funções desempenhadas pelo elemento identificado na 1ª coluna, procede-se ao levantamento dos potenciais modos de falha, a preencher na 2ª coluna. Esta informação pode ser obtida a partir de dados históricos, dados do fabricante, experiência ou testes (Ericson, 2005) e caracteriza-se pelo processo ou mecanismo de avaria que ocorre no subsistema ou componente. Por exemplo, a nível da segurança, o modo de falha corresponde a situações como quando um produto não protege adequadamente contra o risco de lesões, não cumprindo a sua funcionalidade em termos de protecção do trabalhador ou quando ocorre falhas em minimizar as consequências evitáveis na prevenção de acidentes (Stamatis, 1995).
3. Para cada potencial modo de falha, devem listar-se os efeitos (na 3ª coluna) que a sua ocorrência pode dar origem. Estes traduzem o modo como a falha se manifesta e as consequências que produz no componente e/ou no sistema envolvente.

4. Um potencial modo de falha pode ter como origem diversas causas. Na 4ª coluna são listadas estas causas das quais podem ter resultado o aparecimento das falhas e correspondem às razões de perda de funcionalidade do subsistema ou componente. As causas podem incidir sobre muitas fontes diferentes, tais como a insuficiência física, o desgaste, o stress da temperatura, pressão da vibração, entre outros. Todas as condições que afectam um componente ou o sistema deve ser indicada de forma a identificar a existência de combinação de eventos que possam ter contribuído para o aumento das probabilidades de falha ou dano e por serem tipicamente independentes entre si, estas devem ser todas devidamente identificadas e descritas (Ericson, 2005).
5. O método de detecção ou os controlos existentes, consistem em testes ou análises de engenharia, que revelam-se como alguns métodos de primeiro nível para detectar ou prevenir falhas. De acordo com Stamatis (1995) estes podem ser auditorias, amostragem com base em técnicas estatísticas, modelos matemáticos ou testes de laboratório. Sendo que o principal objectivo é aplicar métodos ou técnicas eficazes para detectar o problema o mais cedo possível e antes de resultar numa consequência grave.
6. A prioridade dos problemas é obtida através do Número de Prioridade do Risco (RPN), sendo que este só deve ser utilizado para classificar a prioridade e preocupações com o sistema, projecto, produto, processo e serviço. O RPN não tem qualquer outro valor ou significado (Ford, 1992, cit. Stamatis, 1995). Este valor é obtido através do produto do produto da ocorrência, severidade e detecção:

$$RPN=O \times S \times D$$

- Severidade (S): é uma avaliação do nível de impacto ou gravidade das potenciais consequências do modo de falha e aplica-se ao efeito de uma falha.
- Ocorrência (O): é a frequência com que ocorre a causa de uma falha.
- Detecção (D): consiste no valor correspondente à capacidade de detectar a falha antes que ela ocorra ou tenha impacto no cliente. Para determinar o valor da

detecção, é preciso estimar a capacidade de cada método de controlo para detectar a falha.

Para se proceder à valoração destes índices existem escalas tabeladas, que serão apresentadas mais à frente.

7. As acções recomendadas consistem em medidas de controlo para reduzir ou eliminar os riscos. Nenhum FMEA deve ser completado sem estas recomendações. Podem ser acções específicas ou estudos aprofundados (Stamatis, 1995).
8. Esta coluna identifica a pessoa ou área responsável e a data alvo para a conclusão das acções recomendadas.
9. Os dados referentes a estas colunas remetem para o acompanhamento que deve ser feito às acções recomendadas. Stamatis (1995:183) realça que apenas por algo ter sido recomendado não significa que isso tenha sido feito. Como já foi referido o FMEA é um documento vivo que deve reflectir as últimas acções e informações relevantes. Sendo que depois da incorporação destas novas medidas de controlo, o sistema, projecto, processo ou serviço deve ser reavaliado, demonstrando quais as consequências nos valores de severidade, ocorrência e detecção. Neste ponto, os índices podem resultar todos, só alguns ou nenhuns em valores diferentes, dependendo da eficácia da implementação das acções recomendadas.

A execução do FMEA só deve terminar quando deixar de ser possível alterar os valores da severidade, ocorrência e detecção.

A severidade só pode ser reduzida com uma alteração ao nível do sistema, projecto, processo ou serviço. Se isso for alcançável, então a falha é eliminada. A ocorrência pode ser reduzida melhorando as especificações técnicas no sistema, projecto, processo ou serviço, com a finalidade de prevenir as causas ou reduzir a sua frequência. E a detecção pode ser reduzida adicionando ou melhorando as técnicas de avaliação ou aumentando a amostra e/ou adicionando equipamento de controlo. O resultado será o aumento da capacidade de detectar a falha antes que alcance o cliente (Stamatis, 1995).

1.3.4.1 FMEA de Processo

O FMEA de Processo consiste num método disciplinado de análise para identificar potenciais ou já conhecidos modos de falha, proporcionando acompanhamento e elaboração de acções correctivas antes da fase de produção. Encontram-se associados a este FMEA uma série de componentes que incluem a mão-de-obra, equipamento, metodologia utilizada, materiais, medições e factores ambientais. Sendo importante referir que cada um deles tem os seus próprios componentes que podem reagir individualmente ou interagir entre si para criar uma falha (Stamatis, 1995).

Segundo Ericson (2005), o FMEA de Processo examina os processos envolvidos na produção, utilização e manutenção de um produto e de que forma os métodos de processo afectam o funcionamento do produto ou sistema.

Para Stamatis (1995), consiste num processo evolutivo/dinâmico, que envolve a aplicação de várias tecnologias e métodos para produzir um resultado eficaz dos processos. O objectivo é um produto sem defeitos que seja usado como entrada na produção e montagem e/ou no FMEA de serviço. Desta forma, o FMEA de processo tem como objectivo minimizar os efeitos das falhas dos processos de produção no sistema (processo), independentemente do nível de FMEA que esteja a ser realizado.

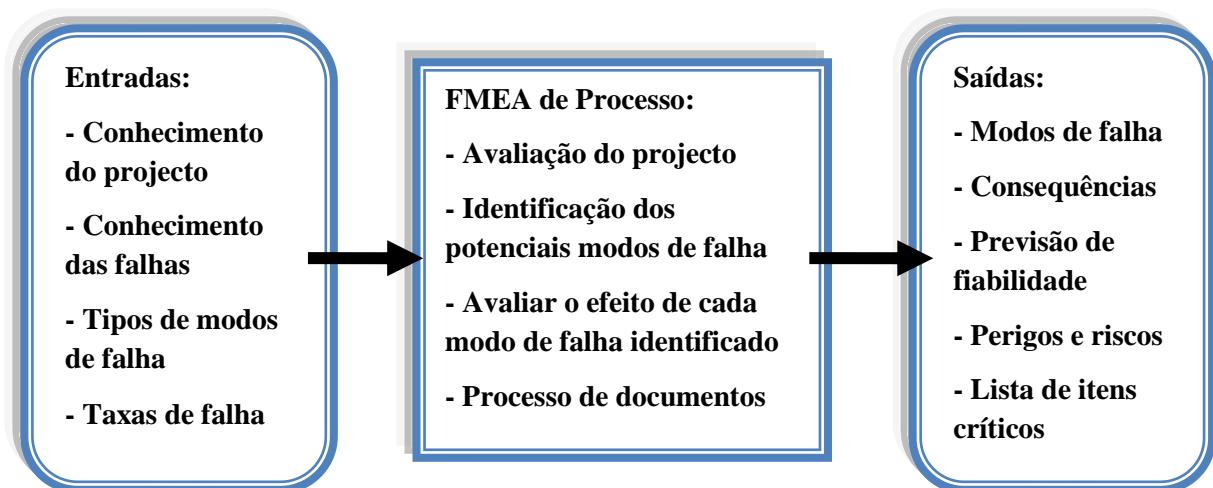


Figura 6: Visão geral do FMEA do processo (adaptado de Ericson, 2005)

A produção envolve a utilização de seis componentes: mão-de-obra, equipamento, metodologia utilizada, materiais, medições e ambiente, que têm como objectivo a

obtenção de um produto final que corresponde ou supera as características de segurança e qualidade da documentação do projecto. Stamatis (1995) realça então como elemento central da documentação dos processos o FMEA de projecto (Figura 6), visto que é muito difícil realizar um FMEA de processo rigoroso sem completar ou pelo menos recolher informação de um FMEA de projecto.

De acordo com Stamatis (1995), o objectivo e finalidade do FMEA de processo é definir, demonstrar e maximizar soluções de engenharia face à qualidade, segurança, sustentabilidade, custo e produtividade, explicitados pelo FMEA de projecto e pelo cliente. Como ponto central, o autor defende que todos estes elementos têm de ser satisfeitos para que o processo possa atingir a sua máxima capacidade. Isto pode ser alcançado através das seguintes considerações:

1. Transformar uma necessidade operacional numa descrição dos parâmetros de desempenho do processo e uma eficaz configuração do processo através de um processo interactivo de análise funcional, optimização, definição, revisões do projecto, testes e avaliações.
2. Integrar parâmetros técnicos relacionados e garantir a compatibilidade de todas as interfaces físicas, funcionais e programáveis de forma a optimizar toda a definição do processo e produção.
3. Integrar a fiabilidade, sustentabilidade, factores humanos, segurança, integridade estrutural, produção e outras especificidades relacionadas no contexto da aplicação global da engenharia.

Contudo, a realização do FMEA deve incluir estudos de viabilidade e/ou análises de risco-benefício direccionados sobre a definição de uma série de soluções para os problemas a que se pretende dar resposta (Stamatis, 1995). Assim, a análise FMEA deve acabar quando deixar de ser economicamente viável implementar mais acções de controlo.

Resumidamente, o FMEA de processo apresenta como vantagens:

- Identificar as deficiências e apresentar medidas correctivas;

- Identificar as características críticas e/ou significativas e contribui para desenvolver planos de controlo;
- Estabelece uma priorização das acções correctivas;
- Auxilia na análise dos processos de execução e montagem;
- Documenta as razões fundamentais para as alterações. (Stamatis, 1995)

Após a análise do processo e da informação necessária auferida, procede-se ao preenchimento do formulário FMEA. Para tal, é necessário definir os elementos inerentes ao formulário, já referidos anteriormente, como as actividades associadas ao processo em avaliação e as escalas dos parâmetros ocorrência, severidade e detecção para posterior cálculo do RPN, que se indicam nas tabelas seguintes.

Índice	Escala Qualitativa	Potenciais consequências das falhas
1	Menor	Falha não tem impacto real
2-3	Baixa	Falha quase insignificante
4-6	Moderada	Falha apresenta algum incómodo e insatisfação
7-8	Elevada	Falha tem efeito directo na operação
9-10	Crítica	Falha com impacto real na segurança

Tabela 5: Índice de Severidade para processos e/ou serviços (adaptado de Stamatis, 1995).

Índice	Índice de Ocorrência	%
1	Não é provável que a falha ocorra (1 em 1.000.000)	0% – 0,0001%
2	Muito pouco provável que a falha ocorra (1 em 20.000)	0,0001% – 0,005%
3	Pouco provável que a falha ocorra (1 em 4.000)	0,005% – 0,025%
4-6	Moderada probabilidade para ocorrência da falha (1 em 1.000 até 1 em 80)	0,1% – 1,25%
7-8	Alta probabilidade para a ocorrência da falha (1 em 40 até 1 em 20)	2,5% - 5%
9-10	Muito alta probabilidade para a ocorrência da falha (1 em 10)	>10%

Tabela 6: Índice de Ocorrência para processos e/ou serviços (adaptado de Stamatis, 1995).

Índice	Escala Qualitativa	Detecção
1	Muito elevada	É quase certo que as medidas de controlo irão detectar a existência da falha
2-5	Elevada	As medidas de controlo têm uma grande probabilidade de detectar a existência da falha
6-8	Moderada	As medidas de controlo poderão detectar a existência da falha
9	Baixa	As medidas de controlo têm uma baixa probabilidade de detectar a existência da falha
10	Muito baixa	É quase certo que as medidas de controlo irão detectar a existência da falha

Tabela 7: Índice de Detecção para processos e/ou serviços (adaptado de Stamatis, 1995).

Definição do Grau de Risco/ Criticidade		Grau de urgência das medidas
GR ≥ 200	Muito Elevado	Requer acção imediata para se eliminarem as causas
100 ≤ GR < 200	Elevado	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
40 ≤ GR < 100	Moderado	Devem ser tomadas medidas logo que possível
GR < 40	Baixo	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência

Tabela 8: Hierarquização do risco e das medidas a implementar (adaptado de Rodrigues, 2008)

1.3.4.2 FMEA de Projecto

O FMEA de Projecto é basicamente realizado através de sistemas de processos de engenharia, desenvolvimento de produtos, desenvolvimento de investigações, marketing, produção, ou a combinação de todas estas entidades (Blanchard, 1966 citado por Stamatis, 1995). O principal objectivo do FMEA Projecto, de acordo com Stamatis é minimizar os efeitos das falhas do sistema, independentemente do nível a que o FMEA está a ser realizado. O FMEA Projecto proporciona assim uma listagem de acções para eliminar modos de falha, preocupações de segurança e reduzir a probabilidade de ocorrência.

As falhas de projecto ocorrem quando um produto não protege adequadamente contra riscos de lesão, deixa de cumprir as funções pretendidas com segurança ou falha na minimização das consequências inevitáveis no caso de um acidente (Stamatis, 1995).

Resumidamente, o FMEA de projecto apresenta como vantagens:

- Estabelecer uma priorização das acções de melhoria;
- Documentar as razões fundamentais para as alterações;
- Proporcionar informação competente através de verificações e testes do projecto do produto;
- Identificar as características críticas e/ou significativas;
- Auxiliar na avaliação dos requisitos e alternativas para o projecto;
- Identificar e eliminar potenciais preocupações de segurança;
- Proporcionar a identificação de falhas do produto ainda fase inicial do desenvolvimento do produto (Stamatis, 1995).

A análise FMEA Projecto permite a classificação dos modos de falha pelo RPN. Vejamos as escalas dos parâmetros ocorrência, severidade e detecção para posterior cálculo do RPN, que se indicam nas tabelas seguintes:

Índice	Escala Qualitativa	Potenciais consequências das falhas
1	Menor	Falha não tem impacto real
2	Baixa	Falha quase insignificante
3	Moderada	Falha apresenta algum incómodo e insatisfação; Produto operável com performance reduzida
4	Elevada	Falha tem efeito directo na operação; Perda de funções
5	Crítica	Falha com impacto real na segurança; Falhas catastróficas

Tabela 9: Índice de Severidade para projectos (adaptado de Stamatis, 1995).

Índice	Escala Qualitativa	Probabilidade de ocorrência
1	Raro	<1 em 10^4 até 10^6
2	Pouco frequente	2 até 10 em 10^4 até 10^6
3	Moderada	11 até 25 em 10^4 até 10^6
4	Frequente ou elevada	26 até 50 em 10^4 até 10^6
5	Muito elevada ou crítica	>50 em 10^4 até 10^6

Tabela 10: Probabilidade de Ocorrência para projectos (adaptado de Stamatis, 1995).

Índice	Probabilidade de Detecção
1	É quase certo que as medidas de controlo irão detectar a existência da falha
2	As medidas de controlo têm uma grande probabilidade de detectar a existência da falha
3	As medidas de controlo poderão detectar a existência da falha
4	As medidas de controlo têm uma baixa probabilidade de detectar a existência da falha/ Detectável apenas durante o serviço
5	É quase certo que as medidas de controlo não irão detectar a existência da falha/ Indetectável até à ocorrência da catástrofe

Tabela 11: Índice de Detecção para projectos (adaptado de Stamatis, 1995).

Definição do Grau de Risco/ Criticidade	
$64 \leq GR < 125$	Muito Elevado
$18 \leq GR < 63$	Moderado
$1 \leq GR < 17$	Menor

Tabela 12: Hierarquização do risco (adaptado de Stamatis, 1995)

1.3.5 Árvore de Falhas

O método da árvore de falhas (Fault Tree Analysis – FTA) é uma técnica analítica dedutiva e quantitativa de avaliação de riscos e tem como principal objectivo decompor um acidente ou evento não desejado nas falhas dos componentes, equipamentos ou erros humanos, que tenham contribuído sequencialmente para a sua realização (Lluna, 1999:224). E fornece uma base objectiva e justificativa para a análise de alterações (Blanchard, 1986 citado por Stamatis, 1995).

Esta técnica foi desenvolvida em 1961 pela companhia dos telefones Bell. E mais tarde, na companhia Boeing o conceito foi modificado até ao ponto que é hoje largamente utilizado em várias áreas e indústrias.

Roxo (2003:160) considera que o método consiste numa “análise pró-activa de riscos, que têm origem num evento inicial e estabelece as combinações de falhas e condições que, de forma sequencial, poderiam causar a ocorrência desse evento”. Sendo importante referir que Ericson (2005) realça o lado reactivo do método, quando realizado após um acidente ou incidente que tenha ocorrido.

O mesmo autor considera como vantagens, um método fácil de executar e de fácil compreensão e que fornece sinais úteis do sistema, demonstrando todas as possíveis causas de um problema sob investigação.

O método pode ser utilizado para avaliar riscos em sistemas complexos e dinâmicos a fim de entender o seu correcto funcionamento pois permite a identificação prévia do acidente que se quer evitar (Ericson, 2005). Segundo Lluna (1999) pode ser aplicado na etapa de projecto ou de operação de uma instalação e consiste na aplicação das seguintes etapas:

1. Identificação do acidente e limites do sistema;
2. Construção da árvore de falhas com o evento de topo, e os eventos intermédios e básicos, utilizando uma simbologia própria;
3. Identificação das combinações mínimas de falhas (tanto de equipamentos como do factor humano) que podem originar o acidente, ou evento de topo, e estabelecimento de prioridades nomeadamente para as falhas mais críticas;
4. Quantificação da probabilidade do acidente;
5. Recomendação de medidas preventivas.

Neste método, a construção da árvore é feita através de uma representação gráfica, onde são utilizados símbolos lógicos (Tabela 13), e consideram-se todas as sequências possíveis de acontecimentos que podem dar origem a um acontecimento indesejável, colocando este no topo da árvore, como ponto de partida, e na base as causas que puderam dar-lhe origem. Segundo Freitas (2008:285) a árvore é construída com o auxílio de um sistema de perguntas – respostas simples e sistemáticas que consistem essencialmente na causa do evento e se a causa foi suficiente ou foram necessárias outras causas.

O mesmo autor considera que os acontecimentos nos quais se baseiam a construção da árvore de falhas classificam – se do seguinte modo:

- Acontecimento de topo, que consiste no acontecimento localizado no topo da árvore, que é analisado considerando os acontecimentos que o originaram;
- Acontecimento primário, que designa um acontecimento causado por uma característica inerente ao próprio componente;
- Acontecimento secundário, causado por uma fonte exterior;
- Acontecimento básico, que ocorre a nível elementar e traduz a mais pequena subdivisão da análise sistémica.

Apresenta-se, de seguida, os símbolos lógicos utilizados para a construção da árvore de falhas e os seus respectivos significados:

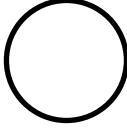

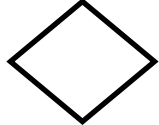
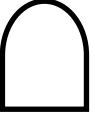
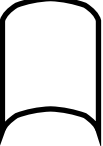
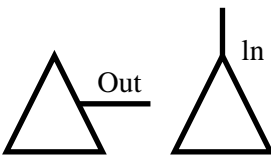
Símbolo	Designação	Significado
	Círculo	Evento básico ou elementar
	Rectângulo	Evento intermédio
	Losango	Evento intermédio sem desenvolvimento por falta de informação
	Porta lógica “e”	Cumprimento de todos os eventos de entrada
	Porta lógica “ou”	Cumprimento de qualquer um dos eventos de entrada
	Triângulos	Referência de saída ou entrada para o desenvolvimento do evento noutra espaço

Tabela 13: Representação e significado dos símbolos mais usados na árvore de falhas (adaptado de Lluna,1999).

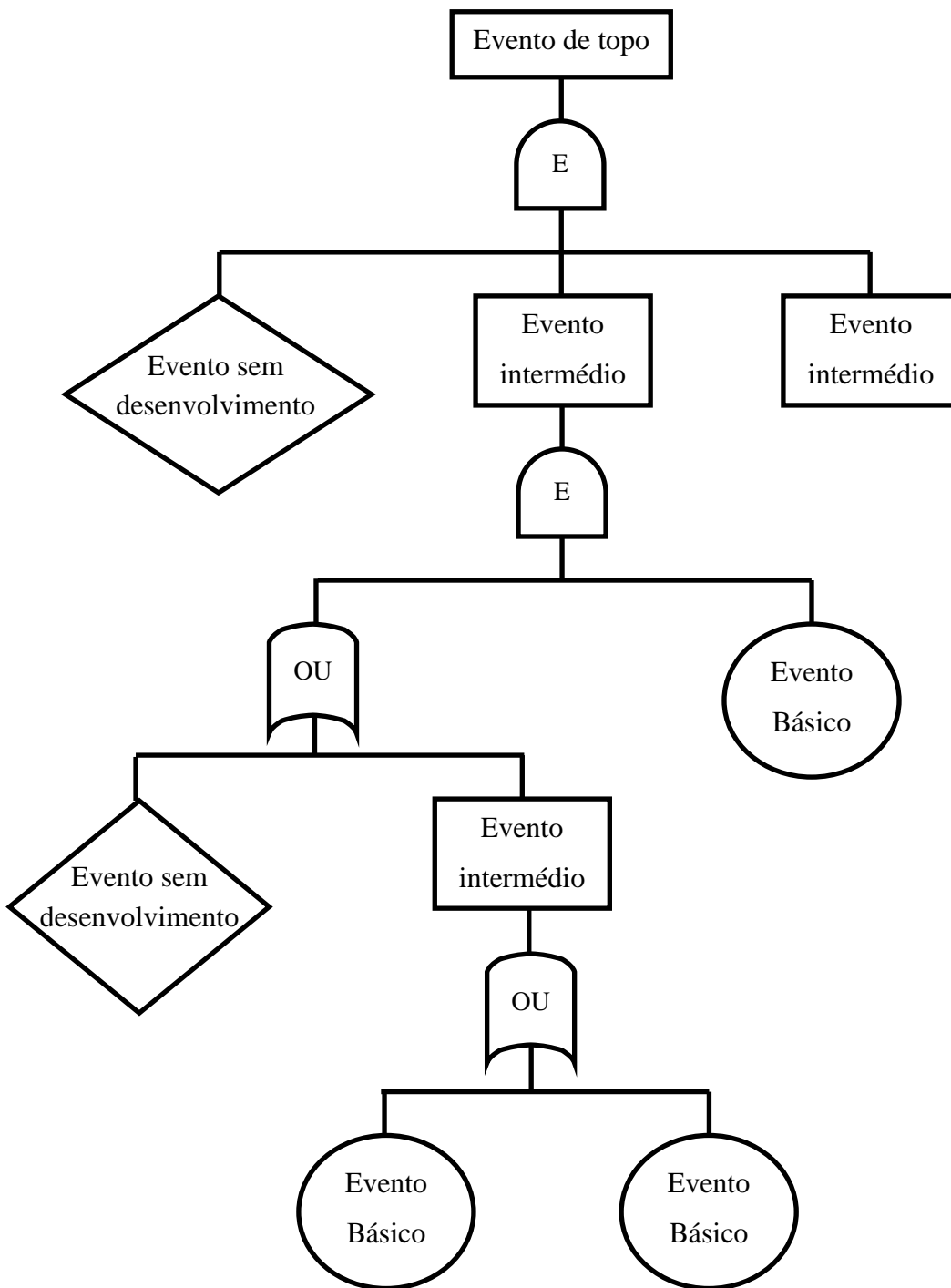


Figura 7: Representação de uma árvore de falhas com eventos e portas lógicas (adaptado de Roxo, 2003)

1.3.6 Árvore de Eventos

O método da árvore de eventos (Event Tree Analysis – ETA) consiste numa técnica indutiva e quantitativa de avaliação de riscos e permite identificar a sequência de acontecimentos que conduzem a um acidente, como consequência de um evento inicial, a fim de antecipar um percurso acidental que se possa desencadear (Freitas, 2008; Roxo, 2003).

Segundo Lluna (1999), o principal objectivo deste método é proporcionar informação relativamente a um acontecimento inicial indesejado (como por exemplo uma falha de equipamento, fugas de produtos, problema no processo ou falha humana) com o fim de determinar as diferentes sequências de acontecimentos que se podem desencadear em acidentes e identificar as possíveis consequências e probabilidades destes quando se dispõe de dados quantitativos.

A este nível Ericson (2005), considera que este método permite identificar e avaliar tudo o que pode acontecer em consequência do evento inicial, se este se desenvolve num acidente ou se o evento é suficientemente controlado pelos sistemas de segurança e procedimentos implementados no projecto do sistema, isto é, se as medidas de prevenção existentes são suficientes para limitar ou minimizar os efeitos negativos. Numa árvore de eventos é possível obter diferentes resultados de um único evento inicial e permite obter uma probabilidade de cada resultado.

Sendo importante referir que, ao contrário do método da árvore de falhas, que constitui um processo de pensamento inverso à cronologia dos acontecimentos, a árvore de eventos é desenvolvida a partir da base, analisando-se a partir daí a sequência de eventos, ou seja, coincide com o sentido cronológico de todas as possíveis consequências num cenário de um potencial acidente (Lluna, 1999; Didelet, 1999).

A aplicação deste método, envolve quatro principais etapas, consideradas pelo autor Lluna (1999:234), sendo estas as seguintes:

- Definição do evento inicial, que deve permitir obter informação de interesse, mesmo na fase de projecto que define a necessidade da instalação de medidas para prevenir acidentes;

- Identificação dos sistemas de segurança, tecnológicos e comportamentos humanos derivados, que estão relacionados com o acontecimento inicial. Sendo que se deve analisar a relação existente entre todos estes elementos que podem evitar o potencial acidente e que se manifestam em por exemplo sistemas de controlo e de emergência, acções de operação que os operadores devem realizar e avaliação de todas as possíveis evoluções do evento inicial e suas consequências.
- Execução da árvore de eventos a partir de um diagrama gráfico, em que se coloca, do lado esquerdo, o evento inicial seleccionado, seguido da descrição de todas as respostas do sistema de segurança definido (como por exemplo: elementos tecnológicos e comportamentos humanos) em sequência cronológica, da esquerda para a direita, através da utilização de linhas com um sistema de respostas considerando dois possíveis estados - sim/ não - para cada evento.
- Descrição dos resultados das sequências do evento inicial, que constituem uma variedade de consequências, onde se inclui as que levam a uma recuperação de operação correcta do sistema e outras levam ao possível acidente, sendo que estas são as que devem ser objecto de análise mais aprofundada, para adopção das respectivas medidas preventivas, organizativas, construtivas e operativas que impossibilitam a ocorrência do acidente ou diminua a sua probabilidade. A estes resultados pode ser aplicado métodos quantitativos. Freitas (2008), considera ainda a importância da verificação das respostas do sistema, visto que se não forem considerados alguns dos ramos da árvore, podem vir a ser obtidos resultados incorrectos, sendo necessário comparar os resultados com dados históricos conhecidos.

1.3.7 Método Marat

O Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho (MARAT) define-se como uma técnica semi - quantitativa de matriz composta e tem como base o Sistema Simplificado de Avaliação de Risco de Acidentes de Trabalho. Este permite identificar os perigos, avaliar e quantificar a magnitude dos riscos existentes nas diferentes actividades operacionais e processos no local de trabalho, estabelecendo uma ordem de prioridades de

intervenção e correcção dos riscos, estabelecendo os riscos que poderão ser tolerados e não tolerados.

Freitas (2008) considera que este é um método orientador, visto que a informação obtida permite comparar o nível de probabilidade apurado, com o nível de probabilidade resultante da análise dos dados estatísticos de sinistralidade e informação histórica. O mesmo autor defende que apesar da existência de uma grande diversidade de métodos, é recomendável começar pelos mais fáceis e acessíveis. Utilizando estes métodos com poucos recursos podem-se detectar muitas situações de risco e como consequência eliminá-las.

Este método apresenta os níveis de risco, probabilidade e severidade, em forma de escala com várias possibilidades, o que permite distinguir diferentes situações e determinar o nível adequado.

O presente método pode ser apresentado pelo seguinte esquema:

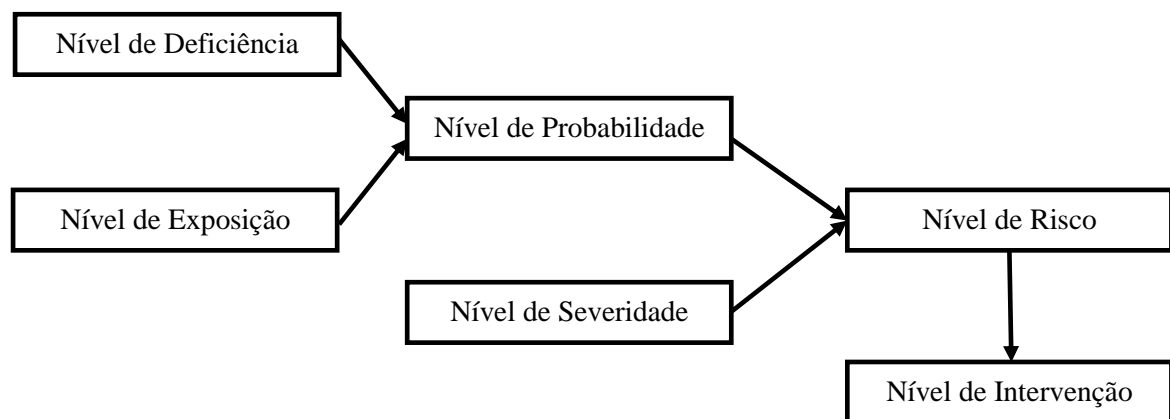


Figura 8: Esquema do método MARAT (adaptado de Pedro, 2006)

O Nível de Deficiência (ND) é valorizado através de cinco critérios (Tabela) em função dos diferentes factores de risco. Caracteriza-se pelo nível de ausência de medidas preventivas e consiste na magnitude expectável entre o conjunto de factores de risco considerados e a sua relação causal directa com o possível acidente e pode ser calculado de muitas formas, entre as quais, através de uma lista de verificação.

Nível de Deficiência	ND	Significado
Aceitável (A)	1	Não foram detectadas anomalias. Perigo controlado
Insuficiente (I)	2	Foram detectados factores de risco de menor importância. É de admitir que o factor iniciador ocorra algumas vezes.
Deficiente (D)	6	Foram detectados alguns factores de risco significativos. O conjunto de medidas preventivas existentes tem a sua eficácia reduzida de forma significativa.
Muito Deficiente (MD)	10	Foram detectados factores de risco significativos. As medidas preventivas existentes são ineficazes. O factor iniciador do dano ocorrerá frequentemente.
Deficiência Total (DT)	14	Medidas preventivas inexistentes ou inadequadas. O factor iniciador do dano estará presente na maior parte das situações.

Tabela 14: Escala referente ao nível de deficiência

O Nível de Exposição (NE), consiste numa medida que traduz através de cinco níveis de valoração, a frequência com que o trabalhador está exposto ao risco, podendo ser estimado em função dos tempos de permanência em áreas de trabalho, operações com máquinas, etc.

Nível de Exposição	NE	Significado
Esporádica	1	Raras vezes e por pouco tempo.
Pouco frequente	2	Alguma vez durante o período laboral e por pouco tempo.
Ocasional	3	Alguma vez durante o período laboral por período significativo.
Frequente	4	Várias vezes durante o período laboral ainda que por períodos curtos.
Continuada	5	Várias vezes durante o período laboral por tempo prolongado ou continuamente.

Tabela 15: Escala referente ao nível de exposição

O Nível de Probabilidade (NP) resulta do produto do nível de deficiência das medidas preventivas e do nível de exposição do risco.

Nível de Probabilidade (NP)			Nível de Exposição (NE)				
			1	2	3	4	5
			Esporádica	Pouco frequente	Ocasional	Frequente	Continua
Nível de Deficiência (ND)	Aceitável	1	1	2	3	4	5
	Insuficiente	2	2	4	6	8	10
	Deficiente	6	6	12	18	24	30
	Muito deficiente	10	10	20	30	40	50
	Deficiência total	14	14	28	42	56	70

Tabela 16: Escala referente ao nível de probabilidade

Nível de Probabilidade	NP	Significado
Muito Baixa	[1;3]	Ainda que tal possa ser concebido, não é de esperar a materialização da situação perigosa.
Baixa	[4;6]	A materialização da situação perigosa pode ocorrer.
Média	[8;20]	A materialização da situação perigosa pode ocorrer várias vezes durante o período de trabalho.
Alta	[24;30]	A materialização da situação perigosa pode ocorrer várias vezes durante o período de trabalho.
Muito Alta	[40;70]	A materialização da situação perigosa pode ocorrer com frequência.

Tabela 17: Escala referente ao significado do nível de probabilidade

O Nível de Severidade (NS), classifica-se através de cinco níveis de valoração, correspondentes a lesões e a danos materiais e trata-se do dano mais grave que é esperado, no caso da ocorrência envolvendo o risco avaliado. Sendo importante referir, que segundo Freitas (2008:280), ambos os significados devem ser considerados de forma independente, sendo dado óbvio enfoque nos danos pessoais relativamente aos danos materiais. E quando as lesões não revelam importância, a consideração dos danos materiais permite auxiliar a estabelecer prioridades ao mesmo nível das consequências estabelecidas para as pessoas.

Como se pode observar na tabela, o nível de severidade apresenta-se com uma escala numérica muito superior à probabilidade, devido ao facto de que este factor deve ter sempre um peso superior na valorização do risco.

Nível de Severidade	NS	Significado	
		Danos Pessoais	Danos Materiais
Insignificante	10	Não há danos pessoais.	Pequenas perdas materiais.
Leve	25	Pequenas lesões que não requerem hospitalização.	Reparação sem paragem do processo.
Moderado	60	Lesões com incapacidade laboral transitória. Requer tratamento médico.	Requer a paragem do processo para efectuar a reparação.
Grave	90	Lesões graves que podem ser irreparáveis.	Destruição parcial do sistema produtivo (reparação complexa e onerosa)
Mortal ou Catastrófico	155	Um morto ou mais. Incapacidade permanente significativa.	Destruição de um ou mais sistemas (difícil reparação).

Tabela 18: Escala referente ao nível de severidade

O Nível de Risco (NR) resulta do produto dos anteriores valores obtidos, nível de probabilidade e nível de severidade, respectivamente, estabelecendo cinco níveis hierárquicos, em termos, de prioridade de intervenção no risco avaliado.

Nível de Risco		Nível de Probabilidade									
		[1;3]		[4;6]		[8;18]		[24;30]		[40;70]	
Nível de Severidade	10	10	30	40	60	80	180	240	300	400	700
	25	25	75	100	150	200	450	600	750	1000	1750
	60	60	180	240	360	480	1080	1440	1800	2400	4200
	90	90	270	360	540	720	1620	2160	2700	3600	6300
	155	155	465	620	930	1240	2790	3720	4650	6200	108500

Tabela 19: Escala referente ao nível de risco

A tabela seguinte, agrupa os níveis de risco que origina os níveis de controlo (NC) e o seu significado. Os níveis de controlo têm um valor orientador relativamente à hierarquização de intervenção nos riscos avaliados, ou seja, os resultados obtidos permitem dar uma indicação sobre as medidas de melhoria a implementar para eliminação ou redução do risco. Mas, para definir um programa de investimentos e melhorias, é fundamental atender à avaliação do custo/eficácia, e introduzir a componente económica e o âmbito de influência de intervenção. Desta forma, Veiga (s/data) defende que perante resultados idênticos, justificar-se-á seleccionar uma medida prioritária quando o custo for menor e a solução afecte um maior número de trabalhadores. No entanto, segundo o mesmo autor, não se pode esquecer o sentido da importância que os trabalhadores dão a cada situação/problema. Pelo que deve ser considerada a opinião dos trabalhadores e dos seus representantes, de forma a ser garantida a viabilidade plena do plano de melhorias. Assim, a aplicação do questionário revela-se muito importante para detecção das respectivas fragilidades das actividades do posto de trabalho em análise.

Nível de Controlo	NC	Significado
I	3600 - 10850	Situação Crítica. Intervenção imediata. Paragem imediata. Isolar a fonte de dano ate serem adoptadas medidas de controlo.
II	1240 - 2790	Situação a corrigir. Adoptar medidas de controlo enquanto a situação perigosa não for eliminada ou reduzida.
III	360 - 1080	Situação a melhorar. Deverão ser elaborados planos, programas ou procedimentos documentados de intervenção.
IV	90 - 300	Melhorar se possível, justificando a intervenção.
V	0 - 80	Intervir apenas se uma análise mais pormenorizada o justificar.

Tabela 20: Escala referente ao nível de controlo

1.4 O Risco e a Manutenção

A análise do risco consiste numa análise integrada dos riscos, sejam eles inerentes a um produto, equipamento, instalação ou procedimentos de manutenção, dependendo o seu significado do contexto de aplicação.

Esta dissertação incide sobre duas situações distintas, a instalação de equipamentos para aproveitamento de energias renováveis e a sua manutenção.

Lluna (1999:307) realça que a maior parte dos erros dos acidentes de trabalhos têm origem nas operações de produção, armazenamento, nos serviços auxiliares, como a produção de vapor em caldeiras, mas que a outra parte dos erros relaciona-se com a inspeção e

manutenção das instalações, que podem originar fugas de produtos, contracções e dilatações dos materiais, variações bruscas de temperatura, devido a falhas das equipas e dos equipamentos, consequência de uma deficiente segurança nos trabalhos de manutenção. Os erros de manutenção estão entre as principais causas de vários acidentes graves numa ampla gama de tecnologias (Hobbs, 2009).

De acordo com a Norma Europeia EN 13306, a manutenção consiste na “combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um objecto, com a finalidade de o manter ou restaura-lo para um estado que seja capaz de executar a função exigida. E desta forma contribui para manter as instalações, equipamentos em condições de funcionamento e segurança, prevenindo falhas e eliminando perigos no local de trabalho.

A EU-OSHA realça que a manutenção é uma actividade de alto risco à qual deve ser dada a devida importância, devido ao facto de incluir riscos específicos, visto que envolve trabalhar com um processo em funcionamento e em contacto próximo com a maquinaria. As operações de manutenção incluem normalmente a desmontagem e remontagem dos equipamentos, componentes das máquinas, às quais podem estar associadas um maior risco de erro humano, o que aumenta o risco de acidente.

Considerando a classificação dada pela Norma Europeia EN 13306, a manutenção pode ser dividida sob duas formas: preventiva e correctiva. Sendo que a manutenção preventiva pode ser sistemática e preditiva ou condicionada.

Para a elaboração desta dissertação será abordada a manutenção preventiva, que se define como a estratégia de manutenção considerada para o caso em estudo.

A manutenção preventiva sistemática incide sobre procedimentos realizados em intervalos de tempo fixos. Utilizando este princípio pretende-se que as intervenções de manutenção sejam executadas antes da ocorrência das falhas, o que implica um planeamento das intervenções. Esta deve ser prevista com base na lei da degradação do equipamento, a qual é determinada a partir dos dados referentes ao passado do equipamento (Lluna, 1999). Quanto maior o nível de segurança que se pretende atingir relativamente à probabilidade de ocorrência de determinado tipo de falha, menor será o intervalo de tempo que decorre entre duas intervenções de manutenção, com o objectivo de impedir a ocorrência dessa

falha. Este facto apresenta o risco de execução de intervenções de substituição de equipamentos ou componentes, que ainda não estão no fim de vida útil. O que demonstra a importância da manutenção preventiva condicionada, também considerada no plano de manutenção que de seguida se apresenta. Este fundamenta a utilização de técnicas de controlo de condição para diagnóstico e evolução no tempo dos parâmetros relevantes, através de um reforço da inspeção e tratamento da informação, permitindo o diagnóstico da condição de funcionamento e conhecimento dos parâmetros relevantes, o que possibilita que as operações de manutenção se efectuem no final de cada vida útil de cada componente ou equipamento (Verlag Dashofer, 2014).

PARTE II: Metodologia

Neste capítulo pretende-se efectuar uma caracterização do estado de arte relativamente à tecnologia de aproveitamento de energias renováveis, especificamente o sistema solar térmico e caldeira a biomassa. Serão apresentados os princípios de funcionamento de cada um dos sistemas, bem como uma descrição dos componentes principais necessários ao seu funcionamento. Sendo identificados as variáveis de risco que influenciam o desempenho destes sistemas e que conseqüentemente terão impacto no trabalho desenvolvido pelos técnicos, a nível dos processos de instalação e manutenção.

A metodologia utilizada, baseia-se numa investigação aplicada, com a realização de um trabalho original transversalmente com uma pesquisa exploratória, com o objectivo de proporcionar uma visão geral acerca do problema identificado, através da aplicação de procedimentos técnicos bibliográficos e documentais com o levantamento de dados e estudo da situação.

2. Descrição do caso de estudo

No presente capítulo efectuou-se uma descrição resumida dos equipamentos do sistema térmico, composto pelos colectores solares, caldeira a biomassa e respectivo sistema de acumulação, circulação e de controlo, bem como a descrição das tarefas de instalação e manutenção destes.

O cenário considerado no presente estudo corresponde à instalação de colectores solares, caldeira a biomassa e depósitos de acumulação de águas quentes num grande edifício de serviços – hotel (Figura 9). Estes equipamentos irão permitir a produção de energia térmica para aquecimento das águas quentes sanitárias (AQS). A instalação dos colectores solares será feita na cobertura plana do edifício e a da caldeira a biomassa na cave (piso -1) do mesmo, bem como os depósitos de armazenamento de AQS.

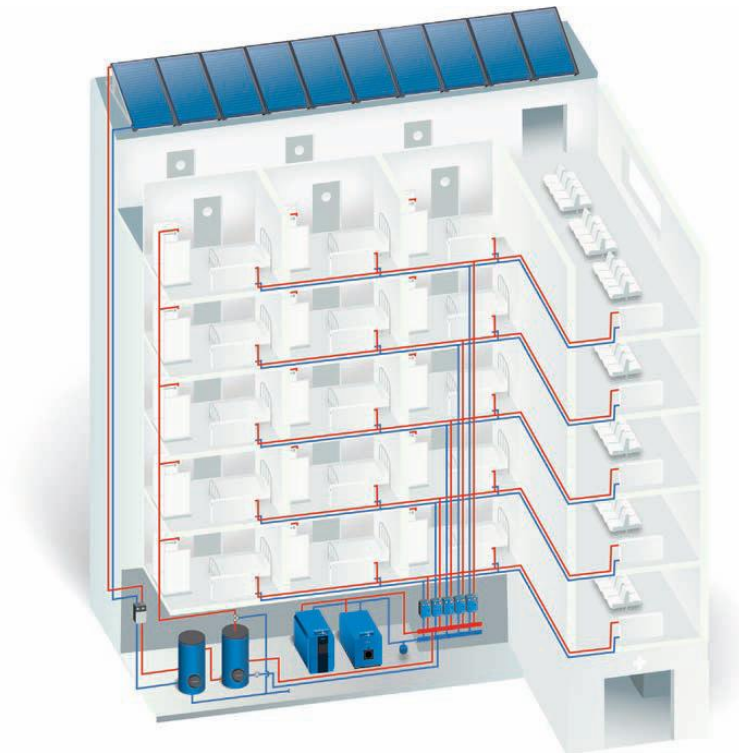


Figura 9: Imagem ilustrativa da instalação do sistema térmico no hotel (adaptado de Buderus, 2014)

2.1. Caracterização da Instalação do Sistema Térmico

O sistema térmico irá contemplar os colectores solares ligados a dois depósitos de AQS e terá como unidade de apoio uma caldeira de combustão de biomassa (pellets) juntamente com mais dois depósitos de AQS e todo o sistema de circulação e de controlo envolvido.

2.1.1. Colectores Solares Térmicos

O sistema solar térmico em análise compreende a instalação de 32 colectores solares planos com cobertura ligados em série, com base num sistema de circulação forçada, constituído por um permutador de calor externo de placas metálicas, central hidráulica, central de controlo, acumulador para as águas quentes solares e estruturas de canalização e acessórios necessários ao bom funcionamento do sistema (Figura 10).

Os colectores solares são fixos em estruturas apropriadas, compostas por um conjunto de barras metálicas e respectivos parafusos de fixação, que suportam e garantem a

estabilidade destes face a eventuais intempéries. Para o efeito, considera-se a instalação do campo de colectores na cobertura plana do edifício, nas referidas estruturas metálicas inclinadas, fixas em muros de betão.

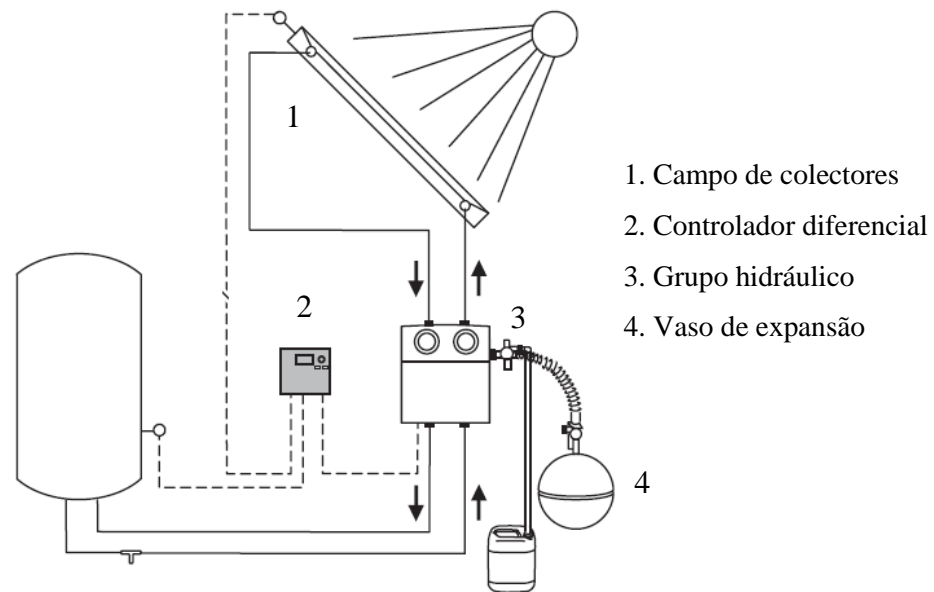


Figura 10: Exemplo de uma instalação solar com controlador diferencial (adaptado de Carvalho,2012)

Vejam os, com mais pormenor, os elementos que integram um sistema solar térmico:

- Colector solar que permite a transformação da radiação solar incidente em energia térmica;
- Sistema de circulação, que consiste num conjunto de equipamentos e acessórios que permitem que o fluido térmico, uma mistura de água com propileno glicol, circule no circuito primário, procedente dos colectores solares até ao depósito acumulador, passando pelo permutador de calor, constituído por circuitos isolados hidraulicamente entre eles, que faz a transferência de calor do fluido do circuito primário para a água, que circula no circuito secundário, desde o permutador, passando pelo depósito, até à sua saída e conseqüente consumo.

Para facilitar a movimentação dos fluidos térmicos entre os colectores solares e o permutador de calor, considera-se no sistema a instalação da central hidráulica, composta por uma bomba circuladora alimentada por energia eléctrica, para fazer

circular a água entre os depósitos de armazenamento e o campo de colectores solares, por um vaso de expansão para manter a pressão no sistema, válvulas de controlo do fluido (de corte, de segurança e de retenção), termómetros e manómetros e purgadores para extrair o ar do circuito.

- Central de controlo, constituída por um regulador electrónico, ao qual são transmitidas informações das temperaturas dos pontos mais significativos mediante sondas introduzidas no circuito hidráulico.

A instalação deve ser realizada por técnicos de instalação com formação adequada, facto imposto também pela legislação em vigor (Decreto-lei nº80/2006 de 4 de Abril), que define as qualificações necessárias para os trabalhadores envolvidos nestas actividades.

Na tabela seguinte são apresentadas e descritas as actividades a realizar no processo de instalação do sistema solar térmico.

Tarefa	Descrição
1	Montagem do estaleiro e recepção dos equipamentos.
2	Transporte dos materiais e elementos pré-fabricados para a cobertura do edifício através da utilização de uma grua móvel.
3	Montagem da estrutura suporte dos colectores solares na cobertura em maciços de betão.
4	Fixar os colectores solares sobre as estruturas.
5	Pintura da estrutura.
6	Montagem da rede de tubagem no interior do edifício em courettes.
7	Instalação dos acessórios - central hidráulica, central de controlo e vaso de expansão – na cave do edifício.
8	Junto ao mesmo instalar um quadro eléctrico.
9	Incorporar na saída de água quente um sensor de temperatura instalado numa bainha metálica e instalação dos cabos eléctricos das sondas de temperatura.
10	Proceder ao enchimento do circuito primário de fluido térmico. Esta operação deve ser executada pela parte superior (saída quente) do 1º

	painel solar. E encher de água o circuito secundário.
11	Efectuar as ligações eléctricas da central de controlo, bombas de circulação, sondas de temperatura, etc.
12	Verificação do funcionamento de todo o sistema e respectivos testes de recepção provisória.

Tabela 21: Actividades a realizar no processo de instalação do sistema solar térmico

2.1.2. Caldeira de Biomassa

O aquecimento ambiente e o fornecimento de água quente para um grande edifício exige elevadas necessidades de calor e como unidade de apoio à instalação solar, considera-se para este caso de estudo a instalação de uma caldeira alimentadas a pellets¹ (resíduos da biomassa²). A caldeira permite o aquecimento das águas quentes sanitárias do hotel, a partir da combustão da biomassa. A caldeira é constituída pelo queimador modulante de alto rendimento, acendimento automático, controlo de chama por sonda de ionização, módulo hidráulico que é composto por uma bomba de circulação de água, purgador de ar automático, vaso de expansão, válvula de segurança com manómetro, válvula de pressão diferencial entre outros diferentes tipos de válvulas e acessórios necessários ao funcionamento do equipamento em segurança. O aquecimento ocorre mediante a ligação hidráulica à instalação de aquecimento.

O enchimento é feito através de alimentação automática e contínua, em que o combustível sólido é inserido na câmara de combustão por meio de um transportador em forma de parafuso sem fim, que leva os pellets desde o depósito de armazenamento, que se localiza enterrado no exterior junto ao edifício (Figura 11). O depósito de armazenamento subterrâneo considerado neste projecto, é feito de betão e são enterrados no solo.

¹ Pellets: Granulados de biomassa prensada com um forma cilíndrica de diâmetros compreendidos entre 4 e 10 milímetros e um comprimento variável nunca superior a cinco vezes o seu diâmetro (Barbosa, 2008)

² Biomassa: Matéria orgânica de origem vegetal ou animal que pode ser explorada para a produção de energia renovável. A gama de produtos utilizada para este fim é muito variada podendo ser provenientes dos produtos e subprodutos da floresta, resíduos da indústria da madeira, culturas e resíduos da actividade agrícola, indústrias agro-ocuíarias, agro-alimentares e resíduos urbanos (Barbosa, 2008).



Figura 11: Esquema de um depósito de armazenamento de pellets subterrâneo (adaptado de Barbosa, 2008)

A caldeira será instalada na central térmica, na cave do hotel, o espaço onde se encontram os quatro depósitos de armazenamento de água quente sanitária e solar, de modo a permitir uma gestão e funcionamento mais eficaz do sistema térmico e assim reduzir a instalação de tubagens.

Os trabalhos iniciam-se com a preparação do espaço para recepção dos equipamentos. É necessário preparar todos os componentes com conexão eléctrica e hidráulica que vão permitir o funcionamento da caldeira. A caldeira é um elemento pré-fabricado, sendo recepcionada no local de realização dos trabalhos embalada sobre um estrado de madeira. A caldeira deve ser sempre movimentada em posição vertical por intermédio de um empilhador, de forma, a posicionar o corpo da caldeira no local estabelecido. É fundamental que este local permita espaços previstos para aceder posteriormente à caldeira, para a sua manutenção e limpeza e para a entrada obrigatória de ar. À instalação da caldeira associa-se todo um conjunto de tubagens e respectivas válvulas, que permitirá o transporte de AQS para utilização no hotel. Da queima da biomassa resulta a libertação de gases, que são removidos através de uma chaminé ou tubo vertical com sistema de evacuação de fumos.

Na tabela seguinte são apresentadas e descritas as actividades a realizar no processo de instalação da caldeira de combustão da biomassa.

Tarefa	Descrição
1	Recepção dos equipamentos e transporte da caldeira até ao local (central térmica) com a utilização de um empilhador.
2	Posicionamento do corpo da caldeira na central térmica e acoplar as tubagens com a instalação.
3	Instalação da caldeira juntamente com todos os seus componentes.
4	Ligação das tubagens e conexão de bombas, válvulas e sondas externas.
5	Ligação da instalação eléctrica.
6	Instalação da chaminé.
7	Escavação do terreno para colocação do silo de armazenamento da biomassa com a utilização de uma retroescavadora.
8	Perfuração da parede para passagem do transportador sem fim.
9	Colocação do silo de armazenamento da biomassa através da utilização de uma grua móvel.
10	Montagem do parafuso sem fim entre o depósito de armazenamento da biomassa e a câmara de combustão.
11	Acoplar o alimentador sem-fim de motor eléctrico.
12	Carregamento do depósito com combustível – pellets.
13	Verificação do funcionamento de todo o sistema e respectivos testes de recepção provisória.

Tabela 22: Actividades a realizar no processo de instalação da caldeira de combustão da biomassa

2.1.3. Sistema de acumulação e circulação

O sistema térmico compreende também a instalação do sistema de acumulação no local da central térmica, na cave do edifício, constituído por quatro depósitos de acumulação de água quente, ligados ao circuito dos colectores solares e da caldeira a biomassa, pelo sistema de circulação, constituído por tubagens e permutadores externos (Figura 12). A água quente ficará armazenada até que seja necessária para consumo, podendo ser utilizada em momentos diferentes aos da sua obtenção. Sendo que estas podem ser utilizadas para fins sanitários, aquecimento da água da piscina e aquecimento do ar ambiente, através da instalação das tubagens de água quente desde os depósitos aos pontos de consumo.

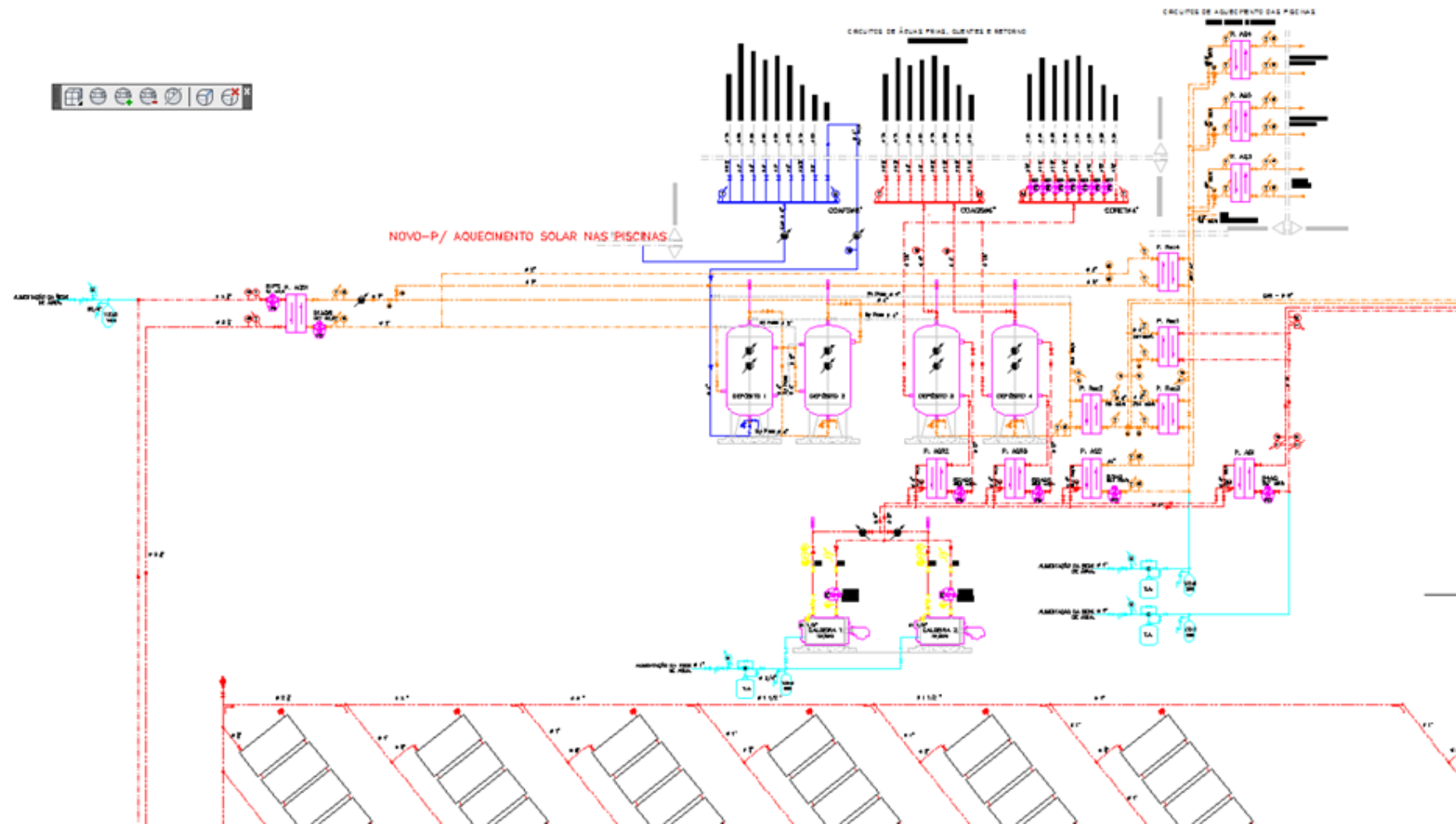


Figura 12: Pormenor das conexões da instalação de todo o sistema térmico

2.2. Caracterização da Manutenção do Sistema Térmico

O objectivo da manutenção é prevenir a ocorrência de falhas, actuando previamente de forma a evitar as falhas e as suas consequências, ou seja, evitar que os valores dos parâmetros associados à condição de operacionalidade dos equipamentos não se afastem dos valores nominais que caracterizam o seu correcto funcionamento. Para este caso de estudo considerou-se planos de manutenção preventiva condicionada e preventiva sistemática dos elementos constituintes dos colectores solares e caldeira a biomassa.

2.2.1. Manutenção do Sistema Solar Térmico

Os sistemas solares térmicos, devido à sua complexidade e diversidade de materiais e tecnologias que os constituem, associado ao facto de as condições climatéricas a que são expostos, são equipamentos que com o tempo degradam-se, de tal forma, que é necessário readaptá-los, e para tal as acções de manutenção são fundamentais para garantir o seu bom funcionamento nas condições previstas e durante o tempo de utilização estimado.

As acções de manutenção devem ser realizadas por técnicos de manutenção com formação adequada e consistem em prevenir falhas e promover a correcção destas principalmente nos elementos mais afectados pela utilização e dos quais estão dependentes o funcionamento de todo o sistema, sendo estes os colectores, o isolante térmico das tubagens, as bombas e as válvulas. Desta forma, e a partir do momento da instalação considera-se a existência de um plano de manutenção preventiva condicionada, que corresponde à inspecção do funcionamento da instalação, comprovando-se que se cumprem todas as funções estabelecidas e um plano de manutenção preventiva sistemática, que corresponde às acções que se efectuam em periodicidades fixas e como consequência da detecção de alguma falha verificada na inspecção visual.

Sendo importante referir que a inspecção visual permite aferir a normalidade de funcionamento do sistema solar térmico ou identificar alguma falha que deva ser tratada no imediato, bem como a inspecção métrica que permite verificar se os valores de caudal, pressão e temperatura se encontram dentro dos respectivos limites.

Com base nestes pressupostos e após consulta de bibliografia técnica considerou-se o seguinte plano de manutenção, utilizando como escala temporal o semestre e o ano.

Plano de Manutenção Preventiva para a Instalação Solar Termica			
Manutenção Preventiva Condicionada			
Elemento	Componente	Ações a realizar – Inspeção Visual	Periodicidade
Módulos e estruturas	Colectores	Verificação da presença de danos que afectem a segurança e protecções e necessidade de limpeza. Verificação da existência de condensação e/ou infiltração de água. Verificação do estado de deterioração devido aos agentes ambientais.	Anual
	Estrutura de suporte	Verificação se o sistema de fixação apresenta oscilações e oxidação. Comprovação se a cimentação da estrutura e/ou a superfície de sustentação da mesma, não mostra sinais de deterioramento (fissuras e despreendimento do material)	Anual
	Cobertura dos colectores (vidro)	Verificação da presença de danos e necessidade de limpeza.	Semestral
	Absorção	Verificação da existência de deformações e corrosão.	Anual
	Isolamento Térmico	Análise do seu estado de conservação.	Anual
	Caixa	Verificação da existência de deformações, oscilações e corrosão.	Anual
	Juntas	Verificação da presença de deformações, degradação e fissuramento.	Anual
	Ligação dos colectores	Verificação da existência de fugas e oxidações e do isolamento térmico.	Anual
	Purgador	Verificação do estado de funcionamento do purgador.	Anual
	Ligações hidráulicas	Revisão do estado do isolamento térmico.	Anual

		Verificação da presença de corrosão e fugas. Revisão do estado das uniões entre as tubagens.	
Sistema de circulação	Tubagens	Verificação da existência de humidade ou fugas. Verificação do aperto entre as uniões. Revisão do estado de conservação do isolamento térmico. Verificação do nível do líquido do sistema primário (anti-congelante). Verificação do estado de funcionamento da válvula de corte.	Anual
	Dispositivo de enchimento, purga e esvaziamento do circuito	Verificação do estado de funcionamento do purgador. Verificação do estado de funcionamento da válvula de segurança.	Anual
	Vaso de expansão	Revisão do seu estado geral: fixação, fugas e corrosão. Aferição da pressão do gás no vaso de expansão à pressão considerada em projecto. Verificação do estado de funcionamento da válvula de segurança.	Anual
	Bomba de circulação	Revisão do seu estado geral: fixação, ruído – vibração. Verificação da existência de fugas e das conexões eléctricas. Revisão do estado de funcionamento da válvula anti-retorno.	Anual
	Permutador externo	Controlo da eficiência e rendimento	Anual
Unidade de Controlo	Central electrónica	Verificação do funcionamento e necessidade de limpeza do quadro eléctrico, interruptores e contadores.	Anual

	Equipamentos de monitorização	Análise do funcionamento do sistema de aquisição de dados. Verificação do funcionamento em conformidade dos sensores de temperatura.	Anual
Manutenção Preventiva Sistemática			
Elemento	Componente	Ações a realizar	Periodicidade
Módulos e estruturas	Colectores	Limpeza da superfície dos colectores solares	Semestral
	Estrutura de suporte	Efectuar o reaperto do sistema de fixação	2 anos
	Caixa e estrutura de suporte	Proceder à pintura da caixa e estrutura de suporte	Anual
	Purgador	Efectuar purga dos colectores para retirar o ar existente	Semestral
Sistema de circulação	Tubagens	O fluido de aquecimento – anti-congelante (glicol) – que circula no circuito primário deverá ser controlado para verificação da sua capacidade anti-gelo e do seu valor de ph e eventual procedimento de adição/substituição.	Anual
	Bomba de circulação	Afinação do caudal e pressão do circuito Lubrificação – se aplicável, verificação da literatura de referência do fabricante para o cronograma e as exigências de lubrificação.	Semestral
	Dispositivo de purga	Ensaiai a purga e limpeza do purgador	Anual
	Válvulas de segurança	Limpeza e ensaio de funcionamento	Anual

	Permutador externo	Limpeza de acordo com as recomendações do fabricante	Anual
Unidade de controlo	Central electrónica	Limpeza do quadro eléctrico. Limpeza dos interruptores e contadores. Teste de funcionamento dos interruptores de corte Testar o funcionamento da bomba nas posições ligado/desligado/auto Testar o controlador do programador verificando se o tempo de arranque e de paragem são os pretendidos.	Anual
	Equipamentos de monitorização	Calibração e limpeza dos aparelhos de medição. Calibração do sistema de aquisição de dados.	Anual

Tabela 23: Plano de manutenção preventiva condicionada e sistemática relativo aos colectores solares (adaptado de Castiajo, 2012 e Carvalho, 2012)

2.2.2. Manutenção da Caldeira de Biomassa

Os principais riscos para uma caldeira são a rotura do equipamento sob pressão, podendo eventualmente causar uma explosão. Essas roturas podem ser originadas interiormente por sobrepressão da água ou vapor, por defeito do material devido a fissura ou corrosão. Para proteger o equipamento e as pessoas dos riscos mencionados, uma caldeira dispõem de equipamentos de segurança específicos, como as válvulas de segurança, o controlo dos níveis de segurança, que desligam a caldeira no caso de um nível descer abaixo de um determinado valor.

A manutenção da caldeira deve ser realizada por um técnico especialista em intervalos regulares. Esta deve incluir uma inspecção visual diária, com a verificação do funcionamento de todos os sistemas que garantem a segurança da instalação.

Com base nestes pressupostos e após consulta de bibliografia técnica considerou-se o seguinte plano de manutenção, utilizando como escala temporal o semestre e o ano.

Plano de Manutenção Preventiva para a caldeira a biomassa		
Manutenção Preventiva Condicionada		
Elemento da instalação	Acções a realizar – Inspeção Visual	Periodicidade
Caldeira	Verificar a existência de ruídos ou vibrações anormais e se não há vazamentos de qualquer parte da caldeira ou tubagem externa.	Diariamente
Chaminé	Verificar visualmente a existência de sinais de obstrução, vazamento ou deterioração na chaminé.	Mensal
Válvula de segurança	Verificar visualmente se apresenta sinais de vazamento.	Mensal
Isolamento térmico da caldeira	Análise do seu estado de conservação.	Anual
Vaso de expansão	Revisão do seu estado geral: fixação, fugas e corrosão. Aferição da pressão do gás no vaso de expansão à pressão considerada em projecto. Verificação do estado de funcionamento da válvula de segurança.	Anual
Bomba de circulação	Revisão do seu estado geral: fixação, ruído – vibração. Verificação da existência de fugas e das conexões eléctricas. Revisão do estado de funcionamento da válvula anti-retorno.	Anual
Depósito de armazenamento de pellets	Aferição do seu estado de conservação.	Anual

Manutenção Preventiva Sistemática		
Elemento da instalação	Ações a realizar	Periodicidade
Caldeira	Limpeza da câmara de combustão da caldeira	Anual
Chaminé	Limpeza da chaminé de forma a garantir que a saída de ar está limpa e desobstruída. E assegurar que todas as ligações e conjuntos de tubos estão apertados.	Anual
Queimador	Limpeza do queimador	Anual
	Controlo de ajustes do queimador utilizando um analisador de combustão	Anual
Dispositivo de purga	Ensaia a purga limpeza do purgador	Anual
Permutador externo	Limpeza de acordo com as recomendações do fabricante	Anual
Válvulas de segurança	Limpeza e ensaio de funcionamento	Anual
Bomba de circulação	Afinação do caudal e pressão do circuito Lubrificação – se aplicável, verificação da literatura de referência do fabricante para o cronograma e as exigências de lubrificação.	Anual
Unidade de controlo	Limpeza do quadro eléctrico. Limpeza dos interruptores e contadores. Teste de funcionamento dos interruptores de corte	Anual

Parafuso sem-fim	Desmontagem e limpeza do sem-fim de alimentação	Anual
------------------	---	-------

Tabela 24: Plano de manutenção preventiva condicionada e sistemática relativa à caldeira a biomassa [1]

2.2.3. Manutenção do sistema de acumulação e circulação

Plano de Manutenção Preventiva para o sistema de acumulação e circulação			
Manutenção Preventiva Condicionada			
Sistema	Elemento	Acções a realizar – Inspeção Visual	Periodicidade
Acumulação	Depósitos	Verificar a existência de desgaste e a presença de calcários	2 Anos
	Ânodo	Verificar existência de desgaste	Anual
	Isolamento	Verificar a existência de humidade ou deterioração	Anual
Circuito hidráulico	Tubagens	Verificação da existência de humidade ou fugas.	Anual
		Verificação do aperto entre as uniões.	
	Válvula de segurança	Verificar se o isolamento da tubagem se encontra em bom estado de conservação.	Semestral
		Verificar se não apresenta sinais de fuga.	
Permutador externo	Controlo da eficiência e rendimento dos permutadores através da verificação da temperatura à entrada e saída do permutador e verificar se apresentam sinais de fugas ou oxidações.	Anual	

Manutenção Preventiva Sistemática			
Sistema	Elemento	Ações a realizar	Periodicidade
Acumulação	Depósitos	Proceder à limpeza	2 anos
Circuito hidráulico	Válvulas de segurança	Limpeza e ensaio de funcionamento	Anual
	Dispositivo de purga	Ensaiai a purga e limpeza do purgador	Anual
	Permutador externo	Limpeza de acordo com as recomendações do fabricante	Anual

Tabela 25: Plano de manutenção preventiva condicionada e sistemática relativo ao sistema de acumulação e circulação (adaptado de Castiajo, 2012 e Carvalho, 2012)

3. Análise e Avaliação de Risco

Na sequência da identificação das tarefas a realizar aquando da instalação e manutenção dos colectores solares e caldeira a biomassa, efectuou-se a análise e avaliação dos riscos associados aos equipamentos e respectivas actividades identificadas anteriormente, a partir da aplicação de dois métodos distintos de avaliação de risco – MARAT e FMEA. Sendo que o método MARAT permitiu definir quais as actividades que apresentam maior nível de risco para os trabalhadores no processo de instalação dos equipamentos de energias renováveis e o método FMEA permitiu uma análise sobre o funcionamento dos equipamentos, classificando os potenciais modos de falha e as suas respectivas consequências, bem como as suas possíveis causas no processo de manutenção destes. Ambos os métodos permitiram estabelecer um sistema de definição de prioridades para a tomada das acções preventivas e correctivas.

Neste caso de estudo, procurou-se construir e avaliar os riscos associados aos equipamentos de aproveitamento de energias renováveis. A nível metodológico, optou-se por efectuar um estudo generalizado sobre os riscos inerentes à reabilitação de uma unidade hoteleira com a instalação e manutenção de colectores solares e caldeira a biomassa, sem analisar nenhuma obra em específico. Tendo em conta este facto, e com o objectivo de minimizar a subjectividade inerente à utilização dos métodos MARAT e FMEA, utiliza-se como base de suporte à atribuição de valores na avaliação dos riscos, os dados estatísticos relativos ao número de acidentes de trabalho ocorridos no País. Através destes dados é possível identificar as causas com maior incidência de risco. As causas dos acidentes são fundamentais para se compreender as actividades de maior risco.

Relativamente à aplicação do método MARAT, para calcular o nível de controlo é necessária a valoração de três factores - deficiências, exposição e severidade - dos quais resultam o nível de probabilidade e nível de risco. Proceder-se à valoração do nível de deficiência pela comparação com o número de ocorrências de acidentes de trabalho ocorridos no País. Ou seja, parte-se do pressuposto que as causas que originaram maior número de acidentes foram devido a existência de significativos factores de risco simultaneamente com a ausência de medidas preventivas. A valoração dos restantes níveis – exposição e severidade – são inerentes às características das tarefas realizadas.

Quanto à aplicação do método FMEA, é necessário valorar três factores – severidade, ocorrência e detecção – para determinação do RPN. Relativamente ao índice de ocorrência, efectuou-se uma análise estatística da sinistralidade laboral em todas as actividades económicas, com últimos dados disponíveis pelo GEP relativos aos anos de 2006, 2007, e 2008, para calcular a média para posterior relação directa com a tabela correspondente ao índice de ocorrência considerado na metodologia FMEA.

Segundo os dados do GEP os acidentes de trabalho podem ser classificados segundo o desvio³ ou contacto⁴. Estabelece-se na tabela seguinte as estatísticas dos dois casos que se consideram mais relevantes para o caso de estudo. Estes dados incluem os valores de todas as actividades económicas porque não existem dados relativos ao número de trabalhadores das energias renováveis.

Causas	2006	2007	2008	Total	Média (%)
Contacto com corrente eléctrica, temperatura, substância perigosa	8488	8123	8915	25526	3,57
Queda de pessoa	41428	40142	40653	86093	12,04
Perda total ou parcial, de controlo de máquina/ equipamento manuseado/ ferramenta manual	67520	67252	69102	203874	28,52
Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico (conduzindo geralmente a lesão interna) – lesão músculo esquelética	56867	60955	63430	181252	25,35
Contacto com agente material cortante	37097	36124	37047	110268	15,43

³ Desvio: Trata-se da descrição do que sucedeu de anormal. É um desvio do processo normal de execução do trabalho. O desvio é o acontecimento que provoca o acidente. Se há vários acontecimentos que se sucedem, é o último desvio que deve ser registado (aquele que ocorre o mais próximo possível, em matéria de tempo, do contacto lesivo (GEP, 2010).

⁴ Contacto – modalidade da lesão: Trata-se daquilo que descreve o modo como a vítima foi lesionada (fisicamente ou por choque psicológico) pelo agente material que provocou essa mesma lesão. Caso existam vários contactos –modos de lesão, é registado o que provocou a lesão mais grave (GEP, 2010).

(cortes)					
Entalão ou esmagamento	15381	15947	16268	47596	6,65
Pancada por objecto em movimento (Atropelamento)	49199	49199	49081	147479	20,63
Perda de controlo de máquinas e equipamentos (Capotamento)	67520	67252	69102	203874	28,52
Constrangimento físico do corpo/ constrangimento psíquico (Ruído e Vibração)	58209	61842	64125	184176	25,76
Total de acidentes de trabalho (mortais e não mortais)	237392	237409	240018	714819	

Tabela 26: Estimativa da probabilidade de ocorrência de acidentes de trabalho segundo as causas em todas as actividades económicas (GEP, 2014)

Com base nos valores de média calculados, faz-se a correspondência com os valores do índice de ocorrência na tabela, o que resulta:

Causas	Média (%)	Índice de Ocorrência
Contacto com corrente eléctrica, temperatura, substância perigosa	3,57	7
Queda de pessoa	12,04	9
Perda total ou parcial, de controlo de máquina/ equipamento manuseado/ ferramenta manual	28,52	10
Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico (conduzindo geralmente a lesão interna) – lesão músculo esquelética	25,35	10
Contacto com agente material cortante (cortes)	15,43	9
Entalão ou esmagamento	6,65	8
Pancada por objecto em movimento (Atropelamento)	20,63	10

Perda de controlo de máquinas e equipamentos (Capotamento)	28,52	10
Constrangimento físico do corpo/ constrangimento psíquico (Ruído e Vibração)	25,76	10

Tabela 27: Estimativa da percentagem de ocorrência de acidentes de trabalho segundo as causas, para todas as actividades económicas.

A valoração do índice severidade do método FMEA define-se pela gravidade das consequências que advêm dos respectivos riscos. E a valoração do índice de detecção define-se pela eficácia das medidas de controlo existentes, partindo do pressuposto que estas são o planeamento dos processos de manutenção e verificação prévia das operações a executar. Neste sentido, considera-se um índice de detecção moderada de nível 6, pois as medidas de controlo poderão detectar a existência da falha.

Desenvolveu-se também a aplicação do método FMEA aos equipamentos que garantem a segurança de toda a instalação térmica. Devido ao facto desta poder atingir condições de elevada temperatura e pressão, que podem colocar os equipamentos em risco, é necessário introduzir na instalação elementos que permitem a sua protecção e previnam acidentes. Sendo assim, vejamos agora a análise FMEA para os equipamentos que permitem o funcionamento em segurança de todo o sistema térmico que inclui o campo dos colectores solares, caldeira a biomassa e todos os seus elementos constituintes, bem como o sistema de acumulação e circulação que fornece águas quentes nos locais de consumo. Estes equipamentos de segurança consistem nas válvulas de segurança e anti-retorno e no vaso de expansão.

A determinação do RPN, depende dos valores atribuídos aos índices severidade, ocorrência e detecção. Tendo por base as características da situação em causa, ou seja, o funcionamento não correcto dos equipamentos de segurança significar a não protecção do sistema, que pode resultar no rebentamento da tubagem, comprometendo consequentemente a segurança dos trabalhadores, considera-se a valoração máxima para o factor severidade. Relativamente ao índice de ocorrência, traduz a probabilidade das causas de falha acontecerem. Pressupõem-se que as mais prováveis de ocorrerem são problemas

nos componentes internos dos equipamentos e descalibração, e como menos prováveis a corrosão, devido ao facto de os equipamentos terem protecção que evitam a corrosão e o erro humano na montagem devido ao facto de os equipamentos sofrerem testes de calibração antes de serem instalados (Almeida, 2011). Sendo importante referir que o índice de ocorrência deve ser determinado com base nos registos históricos das falhas dos equipamentos. Como medidas de detecção das falhas pressupõem-se a existência dos acessórios auxiliares, como manómetros, que permitem o controlo do correcto funcionamento destes equipamentos.

Desta forma, procede-se, de seguida, à análise dos riscos das principais operações a executar pelos técnicos instaladores e de manutenção, incluindo todos os aspectos laborais sejam abrangidos e todas as situações de perigo grave ou eminente. As tabelas referentes a estes dados estão presentes nos Anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

PARTE III: Dados obtidos e Discussão

4. Análise dos resultados

O âmbito deste trabalho consiste na análise e avaliação de riscos das diferentes actividades associadas à instalação e manutenção dos equipamentos de energias renováveis colectores solares e caldeira a biomassa localizados num hotel, com o objectivo de identificar os cenários onde os riscos são mais críticos e as medidas preventivas a implementar. De seguida, serão analisadas individualmente as diferentes situações abordadas neste caso de estudo.

4.1. Análise MARAT

4.1.1. Instalação dos colectores solares na cobertura do hotel

Para a avaliação dos riscos na situação da instalação dos colectores solares, aplicou-se o método MARAT, tendo-se obtido os seguintes resultados:

Grau de Risco	Número de casos
Não intervir	1
Melhorar se possível	22
Melhorar	17
Corrigir	16
Crítico	6
Total	62

Tabela 28: Número de casos por grau de riscos na instalação dos colectores solares

Verifica-se que a maior incidência são para situações de risco a melhorar, mas com 36% de de riscos críticos e elevados, ou seja, situações que necessitam de correcções urgentes em termos de adopção de medidas de controlo eficazes para reduzir o risco. Contudo considera-se que se forem adoptadas todas as medidas preventivas apresentadas na tabela, este resultado poderia baixar, principalmente no que se relaciona com os equipamentos de

protecção e com a informação/ sensibilização dos trabalhadores relativamente aos riscos a que estão sujeitos.

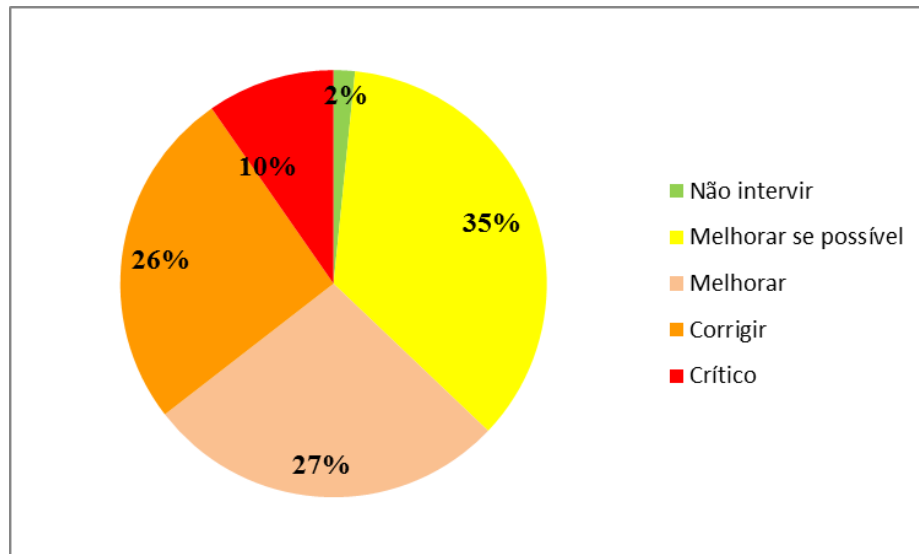


Figura 13: Incidência por grau de risco na instalação dos colectores solares

Os maiores impactes negativos para a situação em causa remetem para os trabalhos executados em altura, que envolve o risco de queda em altura, o que implica um nível de exposição elevado visto que a maioria dos trabalhos são realizados na cobertura do edifício com um nível de severidade mortal ou catastrófico. A execução dos trabalhos com a aplicação da protecção colectiva eficaz (guarda-corpos) traduz-se numa diminuição do valor do nível de deficiência. Outras situações com níveis de risco significativos remetem para o perigo de contacto eléctrico, lesões músculo-esqueléticas, entalamento e corte.

4.1.2. Instalação da caldeira biomassa

Para a avaliação dos riscos na situação da instalação da caldeira a biomassa, aplicou-se o método MARAT, tendo-se obtido os seguintes resultados:

Grau de Risco	Número de casos
Não intervir	1
Melhorar se possível	25
Melhorar	14
Corrigir	21
Crítico	1
Total	62

Tabela 29: Número de casos por grau de risco na instalação da caldeira a biomassa

Verifica-se que a maior incidência são para situações de risco a melhorar, mas com 22% de de riscos críticos e elevados, ou seja, situações que necessitam de correcções urgentes em termos de adopção de medidas de controlo eficazes para reduzir o risco.

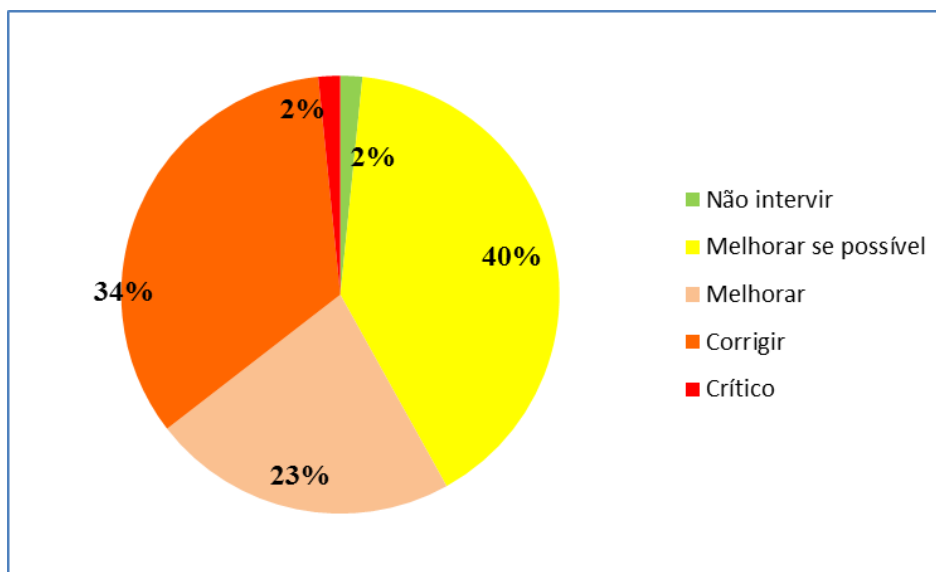


Figura 14: Incidência por grau de risco na instalação da caldeira a biomassa

Atendendo às características inerentes às actividades em análise, verifica-se ainda uma elevada percentagem de riscos a corrigir, devido ao facto de ao processo da instalação da caldeira estarem associadas situações em que o nível de severidade condiciona o nível de

risco. Como situações mais críticas temos a criação de uma atmosfera perigosa e explosiva associada à mistura do ar atmosférico com poeiras combustíveis (pellets) que em determinadas concentrações, apresenta riscos para a vida ou saúde das pessoas expostas, escorregamento com queda em altura no depósito e lesões no contacto com máquinas e elementos móveis.

4.1.3. Instalação do sistema de acumulação e circulação

Para a avaliação dos riscos na situação da instalação do sistema de acumulação e circulação, aplicou-se o método MARAT, tendo-se obtido os seguintes resultados:

Grau de Risco	Número de casos
Não intervir	0
Melhorar se possível	12
Melhorar	4
Corrigir	4
Crítico	0
Total	20

Tabela 30: Número de casos por grau de risco na instalação do sistema de acumulação e circulação

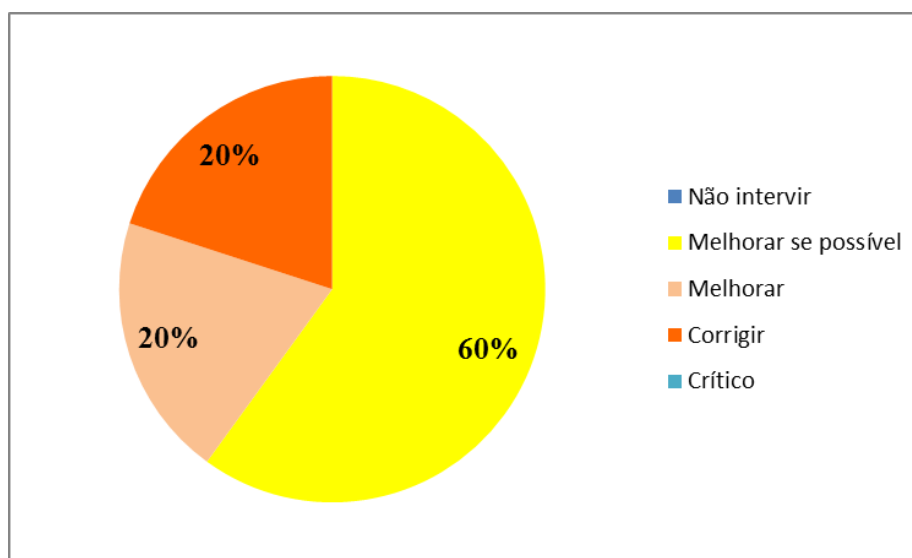


Figura 15: Incidência por grau de risco na instalação do sistema de acumulação e circulação

Verifica-se que a maior incidência são para situações de risco a melhorar, mas com 20% de de riscos elevados. Estes resultados devem-se ao facto de os principais riscos estarem associados à movimentação manual de carga e à utilização de ferramentas, dos quais decorrem danos ao nível de entalamento, cortes e lesões músculo-esqueléticas.

4.2. Análise FMEA

4.2.1. Manutenção dos colectores solares

Para a avaliação dos riscos no processo de manutenção dos colectores solares, aplicou-se o método FMEA, tendo-se obtido os seguintes resultados:

Grau de Risco	Número de casos
Menor	1
Moderado	5
Elevado	3
Crítico	21
Total	30

Tabela 31: Número de casos por grau de risco na manutenção dos colectores solares

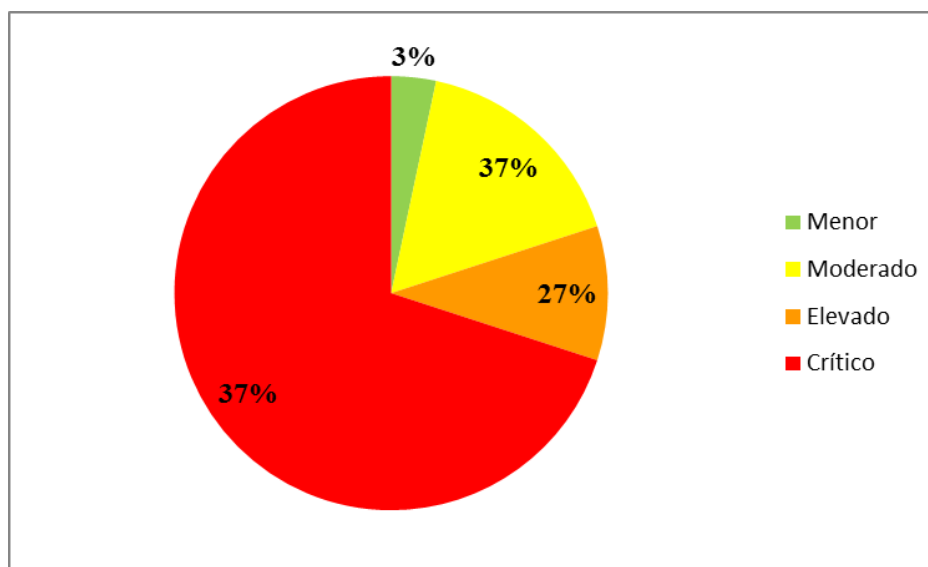


Figura 16: Incidência por grau de risco na manutenção dos colectores solares

Verifica-se uma enorme incidência sobre os riscos críticos, o que se deve ao facto de a execução de grande parte das tarefas ser efectuada em altura, o que se traduz num nível de severidade elevado, bem como a probabilidade de ocorrência que também se pressupõem elevada. Atendendo às características das actividades a realizar na manutenção dos painéis solares, também se verifica que o risco de queimaduras devido às altas temperaturas atingidas pelos materiais por onde circulam os fluidos é significativo.

No entanto, como já referido anteriormente, se forem adoptadas todas as medidas preventivas/correctivas os resultados tenderiam para valores mais baixos, visto que seriam condicionados por níveis de severidade também mais baixos. O que se conclui que o aumento da protecção diminui a severidade das consequências do risco e o aumento da prevenção diminui a sua probabilidade de ocorrência.

4.2.2. Manutenção da caldeira a biomassa

Para a avaliação dos riscos no processo de manutenção da caldeira a biomassa, aplicou-se o método FMEA, tendo-se obtido os seguintes resultados:

Grau de Risco	Número de casos
Menor	0
Moderado	3
Elevado	2
Crítico	19
Total	24

Tabela 32: Número de casos por grau de risco na manutenção da caldeira a biomassa

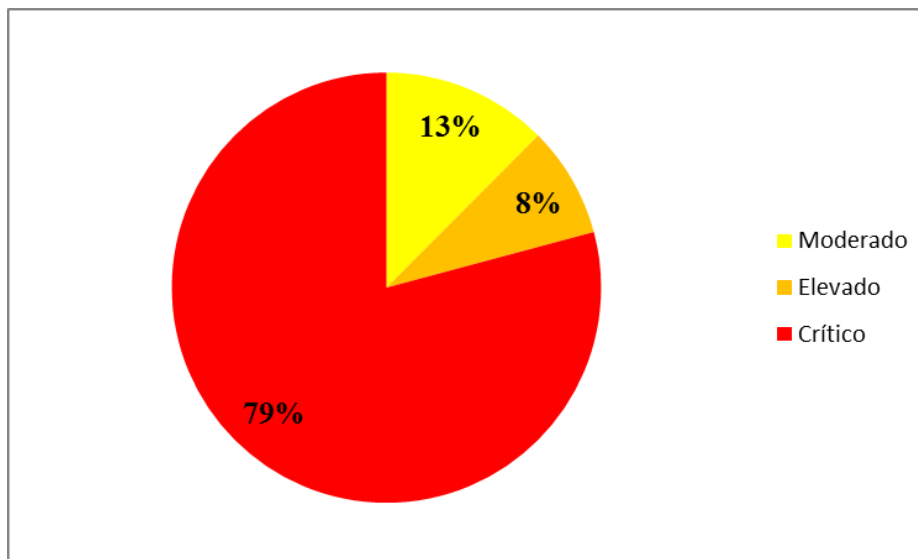


Figura 17: Incidência por grau de risco na manutenção da caldeira a biomassa

No caso da manutenção da caldeira a biomassa o número de riscos críticos é elevado. Verifica-se que os principais riscos associados às actividades em análise compreendem o armazenamento e manuseio do combustível pellets, sendo estes: explosão, doenças respiratórias pela inalação de poeiras.

4.2.3. Manutenção do sistema de acumulação e circulação

Para a avaliação dos riscos no processo de manutenção do sistema de acumulação e circulação, aplicou-se o método FMEA, tendo-se obtido os seguintes resultados:

Grau de Risco	Número de casos
Menor	0
Moderado	2
Elevado	2
Crítico	8
Total	12

Tabela 33: Número de casos por grau de risco na manutenção do sistema de acumulação e circulação

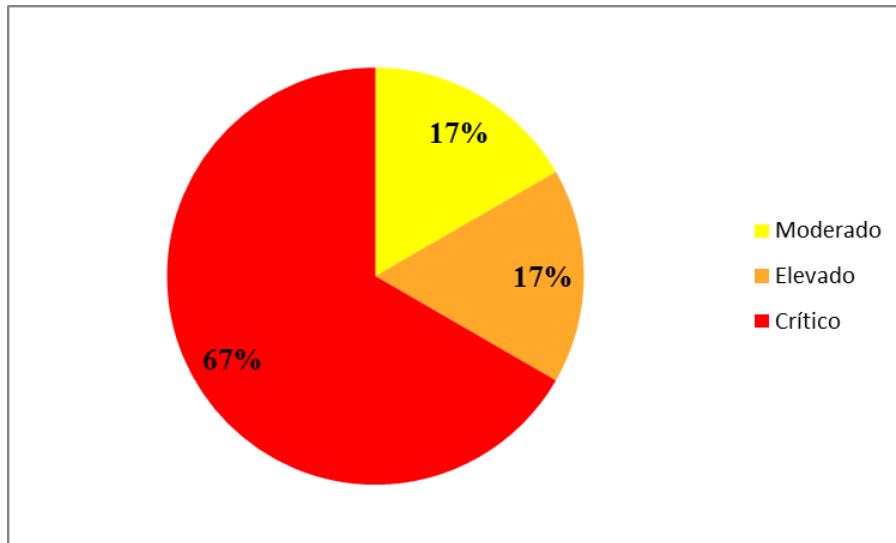


Figura 18: Incidência por grau de risco na manutenção do sistema de acumulação e circulação

Verifica-se uma significativa incidência (67%) sobre os riscos críticos condicionados pelo nível de severidade elevado inerente ao manuseamento de material pressurizado e em condições de elevada temperatura.

Considera-se que os resultados obtidos na análise FMEA, maioritariamente graus de risco críticos, até certo ponto eram expectáveis visto que para além dos níveis de severidade elevados, os níveis de ocorrência elevados também condicionam os resultados.

4.2.4. Equipamentos de segurança (válvulas e vaso de expansão)

Relativamente à análise FMEA realizada para os equipamentos que permitem manter o sistema em segurança, verificou-se que as potenciais falhas identificadas demonstram níveis de risco significativos com graus classificados de moderados a críticos (figura).

Todos estes equipamentos têm de funcionar correctamente para protecção e normal actividade da instalação, devem garantir que a temperatura máxima dos equipamentos constituintes do sistema nunca é ultrapassada e que a pressão do fluido não alcance valores que coloquem o equipamento em risco de explosão. Se este pressuposto não for garantido, as consequências serão críticas, pois toda a segurança do sistema estará em causa, o que

resulta num nível de severidade máximo, o que condiciona o grau de risco para níveis críticos.

Grau de Risco	Número de casos
Menor	0
Moderado	7
Crítico	11
Total	18

Tabela 34: Número de casos por grau de risco dos equipamentos de segurança

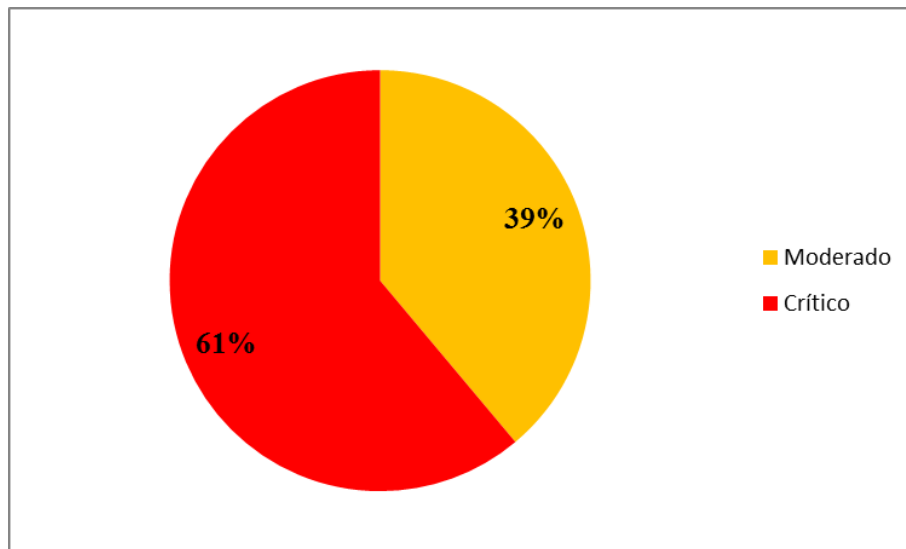


Figura 19: Incidência por grau de risco dos equipamentos de segurança (válvulas e vaso de expansão)

Com estes resultados verifica-se que os métodos de detecção existentes, com base nos acessórios auxiliares que controlam o sistema através da medição da pressão e temperatura não são suficientes para prevenir a ocorrência da falha, visto que estes podem detectar a falha apenas após a sua ocorrência. É necessário proceder a inspeções periódicas de manutenção de forma a identificar possíveis anomalias antes delas acontecerem, fazendo um controlo do funcionamento dos equipamentos. O técnico de manutenção deve compreender bem o modo de funcionamento dos equipamentos para analisar que tipos de falhas estão sujeitos. Assim, averiguou-se quais as falhas com que os técnicos se podem deparar e quais as melhores tarefas de manutenção a serem implementadas para atenuar o risco.

5. Conclusões

A presente dissertação teve como objectivo a aplicação das metodologias de avaliação de riscos – MARAT e FMEA, para análise e valoração dos factores de risco presentes nas actividades de instalação e manutenção dos equipamentos de energias renováveis, colectores solares e caldeira a biomassa num hotel. Considera-se que o objectivo proposto foi cumprido no decorrer da elaboração da dissertação. Para tal, desenvolveu-se a revisão da bibliografia que demonstra a importância da gestão do risco e as metodologias existentes para a avaliação dos riscos. Foi estudado de uma forma mais aprofundada os métodos MARAT e FMEA, que se verificaram ser os mais adequados para o âmbito do trabalho. O método MARAT orientou sobre as situações de risco mais significativas na instalação dos colectores solares, caldeira a biomassa e respectivo sistema de acumulação e circulação. E com a análise FMEA obteve-se informação essencial para o diagnóstico dos principais modos de falha nos procedimentos de manutenção.

No desenvolvimento do caso de estudo analisou-se todas as características inerentes às actividades de instalação e manutenção dos equipamentos de energias renováveis. Com a avaliação de riscos pretendeu-se conhecer em que medida as situações em análise tem níveis de risco aceitáveis ou se outras medidas de controlo devem ser aplicadas para controlar e reduzir o risco. Verificou-se que os principais riscos presentes nas actividades de manutenção e instalação classificam-se como elevados e críticos, devido ao facto de muitos trabalhos serem realizados em altura, o que traduz um nível de severidade definido pela gravidade das consequências, elevado. O facto de contacto com equipamentos que funcionam sob pressão poderem atingir temperaturas extremas, e os contactos eléctricos, também contribui para os resultados obtidos. Desta forma, foi possível definir medidas preventivas e correctivas para eliminação ou redução dos factores de risco. Pois, sem uma avaliação de riscos eficaz não serão tomadas medidas preventivas apropriadas.

Conclui-se, portanto, que os processos de instalação e manutenção dos equipamentos de energias renováveis – colectores solares e caldeira a biomassa – num hotel apresentam riscos significativos que devem ser tidos em conta nas obras futuras ou em execução para orientação de prioridades na definição e implementação de acções de correcção.

6. Referências Bibliográficas

Almeida, B.F. (2011). *Estudo da Metodologia RAMS* (Tese de Mestrado). Lisboa: Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Técnica de Lisboa.

Barbosa, M.C. (2008). *Análise da Utilização de Biomassa e Resíduos Florestais para a Produção de Pellets* (Tese de Mestrado). Aveiro: Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro.

Cardella B. (1999). *Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes: Uma Abordagem Holística*, 1ª edição, São Paulo: Editora Atlas S.A.

Carvalho, F.M. (2013). *Fiabilidade na Avaliação de Risco: Estudo Comparativo de Métodos Semi-quantitativos de Avaliação de Risco em Contexto Ocupacional* (Tese de Doutoramento). Lisboa: Departamento de Ergonomia, Universidade de Lisboa.

Carvalho, L.; Barbosa J.; Teixeira T.; Calado V. (2012). *Manual de Instalação de Sistemas Solares Térmicos*, 1ª edição. Porto: Publindústria.

Castiajo, S.S.F (2012). *Metodologia de Manutenção de Edifícios: Sistemas Solares Térmicos* (Tese de Mestrado). Porto: Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto.

Chrysler LLC, Ford M.C., General M.C. (2008). *Potencial Failure Mode and Effects Analysis: Reference Manual Forth Edition*, 4ª edição. USA: AIAG

Ericson, C.A. (2005). *Hazard Analysis Techniques for System Safety*, 1ª edição. New Jersey, USA: Wiley Interscience.

Freitas, L.C. (2008). *Manual de Segurança e Saúde do Trabalho*, 1ª edição. Lisboa: Sílabo.

Lei nº99/2003 de 27 de Agosto. *Diário da República nº197/03 – I SérieA*. Ministério do Trabalho. Lisboa.

Lluna G. B. (1999). *Sistema de gestión de riesgos laborales e industrials*, 2ª edição. Madrid: Fundación Mapfre.

[1] Manitoba Hydro (2010): Boiler Maintenance Checklist. Acedido a 25 de Janeiro de 2014 em https://www.hydro.mb.ca/your_business/hvac/boiler_mtce_checklist.pdf

Oliveira, C.G. (2012). *A Evolução do Conceito de Risco: Uma Análise Histórica da Bibliográfica*. Segurança, 206: 12-18.

Pedro, R. (2006). *Métodos de Avaliação e Identificação de Riscos nos Locais de Trabalho*. Tecnometal.

Rodrigues, M.S. (2008). *Estado de Conservação de Edifícios de Habitação a Custos Controlados* (Tese de Doutoramento). Aveiro: Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

Roxo, M. (2003). *Segurança e Saúde do Trabalho*, 1ª edição. Coimbra: Almedina.

Stamatis, D. H. (1995). *Failure Mode and Effect Analysis – FMEA from Theory to Execution*, 2ª edição. Milwaukee, USA: ASQ Quality Press.

Soares C.G., Teixeira A.P., Antão P. (2005): *Análise e Gestão de Riscos, Segurança e Fiabilidade*, 1ª edição, Lisboa: Edições Salamandra.

7. Anexos

Anexo 1

Aplicação do MARAT na instalação dos colectores solares

AVALIAÇÃO DE RISCOS – ACTIVIDADES NA INSTALAÇÃO DOS COLECTORES SOLARES											
Ref.	Tarefa	Perigo	Risco associado	Dano/Efeito	ND	NE	NP	NS	NR	NI	Acções de controlo
Montagem do Estaleiro											
1	Descarga e transporte dos materiais e elementos pré-fabricados	Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	6	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
2			Queda de objectos em manipulação	Esmagamento/ entalamento e corte	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
3			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre – esforços	Lesões músculo esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos.
4		Utilização de grua móvel para colocação dos elementos necessários na cobertura	Atropelamento por movimentação da viatura	Lesões múltiplas	6	1	6	155	930	III	Definição e sinalização das zonas de circulação das máquinas; A máquina deverá estar equipada de um aviso sonoro em bom estado.
5		Queda da carga	Esmagamento/ entalamento e fractura	6	1	6	90	540	III	Correcta lingagem aos acessórios de elevação; A zona de manobra de carga deve estar devidamente sinalizada; O trabalho deve ser organizado de modo a evitar que as cargas suspensas passem por cima de trabalhadores que estejam a executar tarefas;	

											O manobrador deve ter formação adequada.
6			Colapso da máquina	Esmagamento/ entalamento e fractura	6	1	6	90	540	III	Correcto nivelamento da máquina no terreno; Conhecimento prévio do peso da carga a movimentar.
7		Execução de trabalhos em altura	Queda de pessoas em altura	Lesões múltiplas	6	4	24	155	3720	I	Utilização de EPC's e EPI's com a protecção dos vãos recorrendo ao guarda-copos e caso seja necessário os trabalhadores deverão usar cinto anti-queda ou arnês de segurança; Utilizar calçado anti-derrapante e capacete de protecção; Só podem ser efectuados os trabalhos se as condições metereológicas não comprometerem a segurança dos trabalhadores.
8			Queda de objectos por desabamento e em manipulação	Esmagamento/ entalamento e fractura	6	3	18	155	2790	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção; Evitar que estejam a ser executados trabalhos por baixo da cobertura
Instalação dos Painéis Solares											
9	Colocação dos maciços de	Execução de trabalhos em	Queda de pessoas em altura	Lesões múltiplas	6	4	24	155	3720	I	Utilização de EPC's e EPI's com a protecção dos vãos recorrendo ao

	betão pré-fabricado	altura										guarda-copos e caso seja necessário os trabalhadores deverão usar cinto anti-queda ou arnês de segurança; Utilizar calçado anti-derrapante e capacete de protecção; Só podem ser efectuados os trabalhos se as condições metereológicas não comprometerem a segurança dos trabalhadores.
10			Queda de objectos por desabamento e em manipulação	Esmagamento/ entalamento e fractura	6	3	18	155	2790	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção; Evitar que estejam a ser executados trabalhos por baixo da cobertura.	
11			Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	3	6	25	150	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.	
12		Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de objectos em manipulação	Esmagamento/ entalamento e corte	6	3	18	60	1080	III	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.	
13			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo esqueléticas	6	3	18	60	1080	III	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos	
14	Montagem da estrutura de	Execução de trabalhos em	Queda de pessoas em altura	Lesões múltiplas	6	4	24	155	3720	I	Utilização de EPC's e EPI's com a protecção dos vãos recorrendo ao	

	suporte	altura										guarda-copos e caso seja necessário os trabalhadores deverão usar cinto anti-queda ou arnês de segurança; Utilizar calçado anti-derrapante e capacete de protecção; Só podem ser efectuados os trabalhos se as condições metereológicas não comprometerem a segurança dos trabalhadores.
15			Queda de objectos por desabamento e em manipulação	Esmagamento/ entalamento e fractura	6	3	18	155	2790	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção; Evitar que estejam a ser executados trabalhos por baixo da cobertura.	
16			Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	8	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.	
17		Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de objectos em manipulação	Esmagamento/ entalamento e corte	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.	
18			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos	
19			Utilização da máquina de	Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores;

		cutting – grinder									Utilização de EPI's adequados: auriculares e luvas anti-vibração
20			Projection of particles	Injuries and ocular lesions	2	2	4	60	240	IV	Formation/ information about the risks to which they are exposed; Use of PPE: eye protection
21			Exposure/ inhalation of dusts	Respiratory affections	2	2	4	25	100	IV	Formation/ information about the risks to which they are exposed; Use of PPE: mask protection
22			Electrical contact	Electrocution	2	2	4	90	360	III	Ensure that the machines are in good working order and that they have adequate electrical protection with automatic cutting systems with recourse to differential circuit breakers of high sensitivity; Avoid using electrical equipment in a humid environment;
23		Use of welding machine	Exposure to chemical contaminants (fumes metallic and carbon monoxide)	Respiratory affections	2	2	4	25	100	IV	Formation/ information about the risks to which they are exposed; Use of PPE: mask protection.
24			Exposure to non-ionizing radiation	Multiple lesions	2	2	4	25	100	IV	Use of PPE: mask with filters appropriate for protection from radiation.

25			Contacto com superfícies a temperaturas extremas	Queimaduras	2	2	4	60	240	IV	Utilização de EPI's: máscara de soldadura para protecção dos olhos e face; luvas e mangas de couro para protecção das mãos e dos braços; calçado de protecção e vestuário adequado.
26			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido.
27		Utilização da máquina - berbequim	Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores Utilizar auriculares Utilizar luvas anti-vibração
28			Projecção de partículas	Feridas e lesões oculares	2	2	4	60	240	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: óculos de protecção.
29			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta

											sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido.
30			Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	8	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
31	Fixação dos colectores solares à estrutura de suporte	Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda dos colectores solares	Esmagamento/ entalamento por ou entre objectos/	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
32			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo - esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
Pintura da estrutura											
33	Pintura à pistola da estrutura metálica	Execução de trabalhos em altura	Queda de pessoas em altura	Lesões múltiplas	6	4	24	155	3720	I	Utilização de EPC's e EPI's com a protecção dos vãos recorrendo ao guarda-copos e caso seja necessário os trabalhadores deverão usar cinto anti-queda ou arnês de segurança; Utilizar calçado anti-derrapante e capacete de protecção; Só podem ser efectuados os trabalhos se as condições metereológicas não comprometerem a segurança dos trabalhadores.

34		Manuseamento de tintas e vernizes	Contacto/exposição a produtos químicos	Dermatites/queimaduras/intoxicação crónica/asfixia	2	3	6	60	360	III	Consultar ficha de dados de segurança do produto; Utilização de EPI's: luvas, calçado de segurança e vestuário adequado.
35		Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de objectos em manipulação	Esmagamento/Entalamento/Corte	6	3	18	60	1080	III	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
36			Posturas ergonómicas incorrectas/Sobre-esforços	Lesões músculo-esqueléticas	6	3	18	60	1080	III	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
Instalação do sistema de circulação, acessórios e equipamentos auxiliares na central térmica											
37	Ligação das tubagens, e acessórios auxiliares aos colectores solares ao nível da cobertura	Execução de trabalhos em altura	Queda de pessoas em altura	Lesões múltiplas	6	4	24	155	3720	I	Utilização de EPC's e EPI's com a protecção dos vãos recorrendo ao guarda-copos e caso seja necessário os trabalhadores deverão usar cinto anti-queda ou arnês de segurança; Utilizar calçado anti-derrapante e capacete de protecção; Só podem ser efectuados os trabalhos se as condições metereológicas não comprometerem a segurança dos trabalhadores.
38			Queda de objectos	Esmagamento/		6	3	18	155	2790	II

			por desabamento e em manipulação	entalamento e fractura								Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção; Evitar que estejam a ser executados trabalhos por baixo da cobertura.
39		Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	8	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.	
40			Queda de objectos em manipulação	Esmagamento/ Entalamento/ Corte	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.	
41			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo-esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos	
42	Montagem da rede de tubagem no interior do edifício em courettes	Manuseamento de materiais e/ou equipamentos	Queda de materiais/ferramentas em manipulação	Esmagamento/ Entalamento/ Corte	2	3	6	60	360	III	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.	
43			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo-esqueléticas	6	3	18	25	450	III	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos	
44	Montagem da tubagem, válvulas, purgador,	Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	8	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.	
45			Queda de material/	Esmagamento/ Entalamento/	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança	

	bomba, vasos de expansão, manómetro e termómetro		ferramentas em manipulação	Corte								com protecção.
46			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo-esqueléticas	6	4	24	60	1440	II		Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
47		Utilização da máquina de soldar	Exposição a contaminates químicos (fumos metálicos e monóxido de carbono)	Afecções respiratórias	2	2	4	25	100	IV		Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: máscara de protecção.
48			Exposição a radiações não – ionizantes	Lesões múltiplas	2	2	4	25	100	IV		Utilização de EPI: máscara com os filtros apropriados para protecção das radiações.
49			Contacto com superfícies a temperaturas extremas	Queimadura	2	2	4	60	240	IV		Utilização de EPI's: máscara de soldadura para protecção dos olhos e face; luvas e mangas de couro para protecção das mãos e dos braços; calçado de protecção e vestuário adequado.
50			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III		Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta

											sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;
51		Utilização da máquina - berbequim	Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores Utilizar auriculares Utilizar luvas anti-vibração
52			Projeção de partículas	Feridas e lesões oculares	2	2	4	60	240	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: óculos de protecção.
53				Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III
Instalação do sistema de controlo											
54	Ligação do quadro eléctrico, controlo diferencial e sondas	Manuseamento de equipamento eléctrico	Contacto eléctrico	Electrocussão	6	4	24	155	3720	I	Utilização de EPI's: capacete e óculos de protecção, botas com isolamento em borracha e biqueira de aço, luvas isolantes e vestuário adequado; Utilização de ferramentas isolantes Ligação directa das massas

											à terra e emprego de um aparelho de protecção de corte automático associado (diferencial).
55		Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	8	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
56			Queda de objectos em manipulação	Esmagamento/ Entalamento/ Corte	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
57			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo-esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
58		Utilização da máquina - berbequim	Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores Utilizar auriculares Utilizar luvas anti-vibração
59			Projecção de partículas	Feridas e lesões oculares	2	2	4	60	240	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: óculos de protecção.
60			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Utilização de EPI's: capacete e óculos de protecção, botas com isolamento em borracha e biqueira de aço, luvas isolantes e vestuário adequado; Utilização de ferramentas isolantes Ligação directa das massas

											à terra e emprego de um aparelho de protecção de corte automático associado (diferencial).
Teste de estanquidade do circuito hidráulico											
61	Pressurização e enchimento do circuito	Pressurização dos circuitos	Ruptura e projecção dos materiais	Feridas e lesões múltiplas	2	3	6	90	540	III	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
62	do circuito primário de fluido térmico	Manuseamento de substâncias químicas	Risco Químico	Lesões superficiais	2	3	6	10	60	V	Consultar ficha de dados de segurança do produto; Utilização de EPI's: luvas, calçado de segurança e vestuário adequado.

Anexo 2

Aplicação do MARAT na instalação da caldeira a biomassa

AVALIAÇÃO DE RISCOS – ACTIVIDADES NA INSTALAÇÃO DA CALDEIRA A BIOMASSA											
Ref.	Tarefa	Perigo	Risco associado	Dano/Efeito	ND	NE	NP	NC	NR	NI	Acções de controlo
Montagem do Estaleiro											
1	Descarga e transporte dos materiais e elementos pré-fabricados	Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	6	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
2			Queda de objectos em manipulação	Esmagamento/Entalamento e Corte	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
3			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre – esforços	Lesões músculo esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos.
4		Utilização do empilhador	Colisões ou choques/ Atropelamento	Lesões múltiplas	6	1	6	155	930	III	Definição e sinalização das zonas de circulação das máquinas; A máquina deverá estar equipada de um aviso sonoro em bom estado.
5			Queda da carga em transporte	Esmagamento/ entalamento/ fracturas	6	1	6	90	540	III	A carga deve estar bem distribuída pela totalidade da superfície de apoio de modo a que o apoio fique centrado.
6			Capotamento do empilhador	Esmagamento/ entalamento/ fracturas	6	1	6	90	5400	III	Evitar a sobrecarga do empilhador; A zona de manobra de carga deve estar devidamente sinalizada.
Instalação da Caldeira na Central Térmica											
7	Montagem da	Movimentação	Queda de pessoas	Lesões	2	4	6	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de

	caldeira	manual	ao mesmo nível	múltiplas							trabalho.
8		materiais e/ou equipamentos	Queda de objectos em manipulação	Esmagamento/ Entalamento e Corte	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
9			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre – esforços	Lesões músculo esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
10		Exposição a material isolante	Contacto da pele com lã de rocha	Irritações na pele e vias respiratórias	2	3	6	10	60	V	Utilização de EPI's: luvas de protecção.
11			Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	6	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
12	Montagem e ligação das tubagens, bomba e válvulas ao corpo da caldeira	Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de objectos	Esmagamento/ Entalamento/ Corte	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
13			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo-esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
14			Utilização da máquina de soldar	Exposição a contaminates químicos (fumos metálicos e monóxido de	Afecções respiratórias	2	2	4	25	100	IV

		carbono)									
15		Exposição a radiações não – ionizantes	Lesões múltiplas	2	2	4	25	100	IV	Utilização de EPI: máscara com os filtros apropriados para protecção das radiações.	
16		Contacto com superfícies a temperaturas extremas	Queimadura	2	2	4	60	240	IV	Utilização de EPI's: máscara de soldadura para protecção dos olhos e face; luvas e mangas de couro para protecção das mãos e dos braços; calçado de protecção e vestuário adequado.	
17		Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;	
18	Utilização da máquina - berbequim	Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores Utilizar auriculares Utilizar luvas anti-vibração	
19		Projecção de partículas	Feridas e lesões oculares	2	2	4	60	240	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: óculos de protecção.	
20		Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em	

											bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;
Instalação da chaminé											
21	Montagem da chaminé e ligação à caldeira	Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	6	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
22			Queda de materiais/ ferramentas em manipulação	Esmagamento/ Entalamento/ Corte	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
23			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo - esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
24		Utilização da máquina de corte – rebarbadora	Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores; Utilização de EPI's: auriculares e luvas anti-vibração
25		Projecção de partículas	Feridas e lesões oculares		2	2	4	60	240	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: óculos de protecção.

26			Inalação de poeiras	Afecções respiratórias	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: máscara de protecção
27			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;
28		Utilização da máquina de soldar	Exposição a contaminantes químicos (fumos metálicos e monóxido de carbono)	Afecções respiratórias	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: máscara de protecção.
29			Exposição a radiações não – ionizantes	Lesões múltiplas	2	2	4	25	100	IV	Utilização de EPI: máscara com os filtros apropriados para protecção das radiações.
30			Contacto com superfícies a temperaturas extremas	Queimadura	2	2	4	60	240	IV	Utilização de EPI's: máscara de soldadura para protecção dos olhos e face; luvas e mangas de couro para protecção das mãos e dos braços; calçado de protecção

											e vestuário adequado.
31			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;
32		Utilização da máquina - berbequim	Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores; Utilização de EPI's adequados: auriculares e luvas anti-vibração
33			Projeção de partículas	Feridas e lesões oculares	2	2	4	60	240	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: óculos de protecção.
34				Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III
Instalação do sistema de controlo											

35	Ligação do quadro eléctrico e controlo diferencial	Manuseamento de equipamento eléctrico	Contacto eléctrico	Electrocussão	6	4	24	155	3720	I	Utilização de EPI's: capacete e óculos de protecção, botas com isolamento em borracha e biqueira de aço, luvas isolantes e vestuário adequado; Utilização de ferramentas isolantes Ligação directa das massas à terra e emprego de um aparelho de protecção de corte automático associado (diferencial).
36		Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	6	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
37			Queda de materiais e/ou equipamentos	Esmagamento/ Entalamento/ Corte	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
38		Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo-esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos	
38		Utilização da máquina - berbequim	Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores; Utilização de EPI's adequados: auriculares e luvas anti-vibração
40			Projeção de partículas	Feridas e lesões oculares	2	2	4	60	240	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: óculos de protecção.

41			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;
Construção do depósito de armazenamento de biomassa											
42			Atropelamento	Lesões múltiplas	6	2	12	155	1860	II	No perímetro ocupado pela máquina não deve permanecer nem transitar ninguém quando o equipamento se encontra em funcionamento; Definição e sinalização da zona de circulação da máquina.
43	Escavação do terreno	Utilização de máquina – retroescavadora	Capotamento da máquina	Esmagamento/ entalamento/ fracturas	6	2	12	90	1080	III	O manobrador deve avaliar as condicionantes do terreno quanto à natureza do solo, infra-estruturas enterradas ou outros elementos e guardar as distâncias de segurança necessárias; A cabina da máquina deve ser do tipo ROPS (sistema de protecção contra tombeamento); Utilização obrigatória de EPI's: capacete e botas de protecção.

44			Exposição/ inalação de poeiras	Problemas respiratórios	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que os trabalhadores estão expostos; A cabina deve proteger do pó; Utilização esporádica de EPI – máscara de protecção.
45			Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos a que os trabalhadores estão expostos; A cabina deve proteger de ruídos excessivos; A máquina deve estar equipada com assento que não transmita vibrações ao corpo do manobrador; Utilização esporádica de EPI – auriculares.
46		Desnível do terreno	Escorregamento e queda de pessoas em altura	Lesões múltiplas	6	3	18	90	1620	II	Assegurar a existência de protecção da berma da escavação; Utilizar escadas adequadas para acesso às escavações.
47			Desabamento das terras	Lesões múltiplas	6	3	18	90	1620	II	Dotar as paredes de escavação de uma determinada inclinação
48	Colocação do depósito de armazenament o pré-fabricado	Utilização de grua móvel	Atropelamento por movimentação da viatura	Lesões múltiplas	6	2	12	155	1860	II	Definição e sinalização das zonas de circulação das máquinas; A máquina deverá estar equipada de um aviso sonoro em bom estado.
49			Queda da carga	Esmagamento/	6	2	12	155	1860	II	Correcta lingagem aos acessórios de

				entalamento e fractura							elevação; A zona de manobra de carga deve estar devidamente sinalizada; O trabalho deve ser organizado de modo a evitar que as cargas suspensas passem por cima de trabalhadores que estejam a executar tarefas; O manobrador deve ter formação adequada.
50			Colapso da máquina	Esmagamento/entalamento e fractura	6	2	12	90	1080	III	Correcto nivelamento da máquina no terreno; Conhecimento prévio do peso da carga a movimentar.
51			Queda da máquina	Esmagamento/entalamento e fractura	6	3	18	90	1620	II	Utilização de EPI's: capacete, luvas e calçado de segurança com protecção
52	Colocação do parafuso sem-fim entre o depósito de armazenamento e a caldeira	Utilização da máquina caroteadora	Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo-esqueléticas	6	3	18	60	1080	III	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
53			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	3	6	90	540	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta

											sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;
54			Exposição/ inalação de poeiras	Problemas respiratórios	2	3	6	25	150	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que os trabalhadores estão expostos; Utilização de EPI's adequados: máscara e óculos de protecção
55			Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	3	6	25	150	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores; Utilização de EPI's adequados: auriculares e luvas anti-vibração
56		Manuseamento no alimentador sem fim	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	6	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
57			Queda de materiais e/ou equipamentos	Esmagamento/ Entalamento/ Corte	6	4	24	90	2160	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
58			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo- esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
59			Acoplação do motor ao sem fim	Contacto eléctrico	Electrocussão	6	3	18	90	1620	II

											Ligação directa das massas à terra e emprego de um aparelho de protecção de corte automático associado (diferencial).
60		Contacto com pellets	Exposição/ inalação de poeiras	Problemas respiratórios	6	3	18	60	1080	III	Recomenda-se a utilização de EPI's adequados – máscara e óculos de protecção.
61	Carregamento do depósito com pellets abaixo do nível do solo	Execução de trabalhos em altura	Escorregamento e queda de pessoas em altura	Lesões múltiplas	6	3	18	155	2790	II	Utilizar calçado anti-derrapante e capacete de protecção.
62		Armazenamento de combustível (pellets) num espaço confinado	Risco de explosão	Lesões múltiplas	6	3	18	155	2790	II	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Sinalização da área perigosa; Detecção e/ou monitorização da atmosfera; Não utilizar fontes de ignição.

Anexo 3

Aplicação do MARAT na instalação do sistema de acumulação e circulação

AVALIAÇÃO DE RISCOS – ACTIVIDADES NA INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE ACUMULAÇÃO E CIRCULAÇÃO											
Ref.	Tarefa	Perigo	Risco associado	Dano/Efeito	ND	NE	NP	NC	NR	NI	Acções de controlo
1	Descarga e transporte dos materiais e elementos pré-fabricados	Movimentação manual de materiais e/ou equipamentos	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	6	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
2			Queda de objectos em manipulação	Esmagamento/Entalamento e fractura	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's: Capacete, luvas e calçado de segurança com protecção.
3			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre-esforços	Lesões músculo esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos.
4		Utilização do empilhador	Colisões ou choques/ Atropelamento	Lesões múltiplas	6	1	6	155	930	III	Definição e sinalização das zonas de circulação das máquinas; A máquina deverá estar equipada de um aviso sonoro em bom estado.
5			Queda da carga em transporte	Esmagamento/ entalamento/ fracturas	2	1	2	90	180	IV	A carga deve estar bem distribuída pela totalidade da superfície de apoio de modo a que o apoio fique centrado.
6			Capotamento do empilhador	Esmagamento/ entalamento/ fracturas	2	1	2	90	180	IV	Evitar a sobrecarga do empilhador; A zona de manobra de carga deve estar devidamente sinalizada.
7	Ligação do sistema de circulação	Movimentação manual de materiais e/ou	Queda de pessoas ao mesmo nível	Lesões múltiplas	2	4	6	25	200	IV	Manter organizada e limpa a área de trabalho.
8	Queda de objectos		Esmagamento/	6	4	24	60	1440	II	Utilização de EPI's:	

	aos depósitos de acumulação	equipamentos	em manipulação	Entalamento e fractura								
9			Posturas ergonómicas incorrectas/ Sobre – esforços	Lesões músculo esqueléticas	6	4	24	60	1440	II	Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos.	
10	Utilização da máquina de corte – rebarbadora		Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação dos riscos aos trabalhadores; Utilização de EPI's: auriculares e luvas anti-vibração	
11			Projeção de partículas	Feridas e lesões oculares	2	2	4	60	240	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: óculos de protecção.	
12			Inalação de poeiras	Afecções respiratórias	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: máscara de protecção	
13			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;	

14	Utilização da máquina de soldar	Exposição a contaminantes químicos (fumos metálicos e monóxido de carbono)	Afecções respiratórias	2	2	4	25	100	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: máscara de protecção.
15		Exposição a radiações não – ionizantes	Lesões múltiplas	2	2	4	25	100	IV	Utilização de EPI: máscara com os filtros apropriados para protecção das radiações.
16		Contacto com superfícies a temperaturas extremas	Queimadura	2	2	4	60	240	IV	Utilização de EPI's: máscara de soldadura para protecção dos olhos e face; luvas e mangas de couro para protecção das mãos e dos braços; calçado de protecção e vestuário adequado.
17		Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;
18		Utilização da máquina -	Ruído e Vibrações	Síndrome canal-cárpico	2	2	4	25	100	IV

		berbequim									Utilização de EPI's adequados: auriculares e luvas anti-vibração
19			Projeção de partículas	Feridas e lesões oculares	2	2	4	60	240	IV	Formação/ informação sobre os riscos a que estão expostos; Utilização de EPI: óculos de protecção.
20			Contacto eléctrico	Electrocussão	2	2	4	90	360	III	Assegurar que as máquinas estão em bom estado de funcionamento e que têm as protecções eléctricas adequadas com sistemas de corte automático com recursos a disjuntores diferenciais de alta sensibilidade; Evitar utilizar equipamentos eléctricos em meio húmido;

Anexo 4

Aplicação do FMEA na manutenção dos colectores solares

FMEA DOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO DOS COLECTORES SOLAR								
Módulos e Estruturas								
Acções de manutenção	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Causa potencial da falha	S	O	D	RPN	Acções de recomendação
Limpeza da superfície dos colectores solares ou substituição do módulo devido à quebra do vidro	Execução dos trabalhos em altura	Queda em altura	Falta da existência de EPC's e uso de EPI's	10	9	6	540	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Utilização de EPC's e/ou EPI's adequados; Manter organizada e limpa a área de trabalho; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho.
	Manuseamento de materiais e/ou equipamentos	Esmagamento/ Entalamento e lesões superficiais	Queda de materiais/ equipamentos	7	10	6	420	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Lesões músculo-esqueléticas	Sobre-esforços ou posturas inadequadas	5	10	6	300	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
		Queda ao mesmo nível	Local de trabalho desorganizado	4	6	6	144	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Manter organizada e limpa a área de trabalho.
	Manuseamento de produto químico (detergente)	Dermatites/ Dermatoses	Falta de uso de EPI's adequados para o contacto com o produto químico	2	5	6	60	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Manuseamento de material cortante	Cortes, perfurações	Falta de uso de EPI's	7	9	6	378	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.

Efectuar o reaperto do sistema de fixação	Execução dos trabalhos em altura	Queda em altura	Falta da existência de EPC's e uso de EPI's	10	9	6	540	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Utilização de EPC's e/ou EPI's adequados; Manter organizada e limpa a área de trabalho; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho.
	Manuseamento de ferramentas	Cortes/ Contusões	Lesões causadas pela queda de ferramentas	7	9	6	378	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Lesões músculo-esqueléticas	Sobre-esforços ou posturas inadequadas	5	10	6	300	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
Pintar a caixa e a estrutura de suporte	Execução dos trabalhos em altura	Queda em altura	Falta da existência de EPC's e uso de EPI's	10	9	6	540	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Utilização de EPC's e/ou EPI's adequados; Manter organizada e limpa a área de trabalho; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho.
	Exposição a substâncias nocivas	Irritação da pele, olhos e vias respiratórias	Falta de uso de EPI's (luvas, óculos, máscara) e colocação do produto de forma incorrecta	4	7	6	168	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
Efectuar purga dos colectores para retirar ar existente	Execução dos trabalhos em altura	Queda em altura	Falta da existência de EPC's e uso de EPI's	10	9	6	540	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Utilização de EPC's e/ou EPI's adequados; Manter organizada e limpa a área de trabalho; Promover formação e sensibilização contínua

								das equipas de trabalho.
	Evaporação de fluido térmico	Irritação da pele, olhos e vias respiratórias	Falta do uso de EPI's adequados	4	4	6	96	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Perigo de contacto com líquido a uma temperatura elevada	Queimaduras	Falta de uso de EPI's adequados	8	8	6	384	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
Sistema de Circulação								
Controlo do anti-congelante e eventual adição/substituição	Execução dos trabalhos em altura	Queda em altura	Falta da existência de EPC's e uso de EPI's	10	9	6	540	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Utilização de EPC's e/ou EPI's adequados; Manter organizada e limpa a área de trabalho; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho.
	Manuseamento de produto químico	Dermatites/ Dermatoses	Falta de uso de EPI's adequados	1	4	6	24	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Manuseamento de líquido a uma temperatura elevada	Queimaduras	Falta de uso de EPI's adequados	8	8	6	384	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
Manutenção e inspecção da	Manuseamento de equipamento	Electrocussão/ Electrização	Defeito de isolamento da instalação eléctrica	10	7	6	420	Manuseamento de equipamentos com corte de corrente;

bomba de circulação	eléctrico							Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
			Contacto accidental com uma peça do cabo condutor sob-tensão	10	7	6	420	Verificação do estado do equipamento; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Lubrificação da bomba	Dermatites/ Dermatoses	Falta de uso de EPI's no contacto do lubrificante com a pele	2	4	6	48	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
Efectuar a purga das tubagens do ar existente	Evaporação de fluido térmico	Irritação da pele, olhos e vias orais	Falta do uso de EPI's adequados	4	4	6	96	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Perigo de contacto com líquido a uma temperatura elevada	Queimaduras	Falta de uso de EPI's adequados	8	8	6	384	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
Limpeza das válvulas de segurança	Manuseamento de materiais e/ou equipamentos	Esmagamento/ Entalamento e lesões superficiais	Queda de materiais/ equipamentos	7	8	6	336	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Lesões músculo-esqueléticas	Sobre-esforços ou posturas inadequadas	5	10	6	300	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos

		Queda ao mesmo nível	Local de trabalho desorganizado	4	6	6	144	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Manter organizada e limpa a área de trabalho.
	Manuseamento de material em condições de elevada temperatura	Queimaduras	Falta de uso de EPI's adequados	8	8	6	384	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Manuseamento de equipamento pressurizado	Emanação de vapores que causam irritação da pele, olhos e vias orais	Falta de uso de EPI's	4	4	6	96	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Projecção de objectos	Falta de uso de EPI's	7	8	6	336	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados
Unidade de Controlo								
Limpeza dos componentes da central electrónica	Manuseamento de equipamento eléctrico	Electrocussão/ Electrização	Condutores eléctricos sem isolamento	10	7	6	420	Verificação do estado dos componentes eléctricos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
			Defeito na resistência					
			Ligação à terra mal executada	10	7	6	420	Verificação das ligações do sistema eléctrico; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.

Anexo 5

**Aplicação do FMEA na manutenção da
caldeira a biomassa**

FMEA DOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO DA CALDEIRA A BIOMASSA (PELLETS)

Acções de manutenção	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Causa potencial da falha	S	O	D	RPN	Acções de recomendação
Limpeza da câmara de combustão da caldeira e do queimador	Trabalhos realizados com exposição a poeiras	Alergias, problemas do aparelho respiratório, diminuição do rendimento físico	Inalação de poeiras	6	7	6	252	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados – máscara de protecção; Instalar sistemas de captação de poeiras eficazes e existência de ventilação adequada.
	Manuseamento de materiais e/ou equipamentos	Esmagamento/ Entalamento e lesões superficiais	Queda de materiais/ equipamentos	7	8	6	336	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Lesões músculo-esqueléticas	Sobre-esforços ou posturas inadequadas	5	10	6	300	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
		Lesões múltiplas pela queda ao mesmo nível	Local de trabalho desorganizado	4	6	6	144	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Manter organizada e limpa a área de trabalho.
Limpeza da chaminé	Trabalhos realizados com exposição a poeiras	Alergias, problemas do aparelho respiratório, diminuição do rendimento físico	Inalação de poeiras	6	7	6	252	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados – máscara de protecção; Instalar sistemas de captação de poeiras eficazes e existência de ventilação adequada.

	Manuseamento de ferramentas	Cortes/ Contusões	Lesões causadas pela queda de ferramentas	7	9	6	378	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Lesões músculo-esqueléticas	Sobre-esforços ou posturas inadequadas	5	10	6	300	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
	Realização do trabalho em altura com a utilização de escadas	Lesões múltiplas pela queda em altura	Não utilização do equipamento de forma adequada	6	9	6	324	Utilização de EPI's adequados: calçado antiderrapante e capacete de protecção; As escadas utilizadas devem ter as superfícies dos degraus e pés com sistema antiderrapante e sistema de autobloqueio.
Limpeza das válvulas de segurança	Manuseamento de materiais e/ou equipamentos	Esmagamento/ Entalamento e lesões superficiais	Queda de materiais/ equipamentos	7	8	6	336	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Lesões músculo-esqueléticas	Sobre-esforços ou posturas inadequadas	5	10	6	300	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
		Queda ao mesmo nível	Local de trabalho desorganizado	4	6	6	144	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Manter organizada e limpa a área de trabalho.
	Manuseamento de material em condições de elevada temperatura	Queimaduras	Falta de uso de EPI's adequados	8	8	6	384	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Manuseamento de equipamento	Emanação de vapores que causam	Falta de uso de EPI's adequados	4	4	6	96	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua

	pressurizado	irritação da pele, olhos e vias orais						das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Projeção de objectos	Falta de uso de EPI's	7	8	6	336	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados
Manutenção e inspecção da bomba de circulação	Manuseamento de equipamento eléctrico	Electrocussão/ Electrização	Defeito de isolamento da instalação eléctrica	10	7	6	420	Manuseamento de equipamentos com corte de corrente; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
			Contacto acidental com uma peça do cabo condutor sob-tensão	10	7	6	420	Verificação do estado do equipamento; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Lubrificação da bomba	Dermatites/ Dermatoses	Falta de uso de EPI's no contacto do lubrificante com a pele	2	4	6	48	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
Efectuar a purga das tubagens do ar existente	Evaporação de fluido térmico	Irritação da pele, olhos e vias orais	Falta do uso de EPI's	4	4	6	96	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Perigo de contacto com líquido a uma	Queimaduras	Falta de uso de EPI's adequados	8	8	6	384	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua

	temperatura elevada							das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.		
Limpeza dos componentes da central electrónica	Manuseamento de equipamento eléctrico	Electrocussão/ Electrização	Condutores eléctricos sem isolamento	10	7	6	420	Verificação do estado dos componentes eléctricos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.		
			Defeito na resistência							
			Ligação à terra mal executada	10	7	6	420	Verificação das ligações do sistema eléctrico; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.		
Limpeza do sem fim de alimentação	Componente em movimento de rotação	Lesões múltiplas	Contacto humano não intencional - agarramento dos trabalhadores pelo sem-fim	7	8	6	336	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Verificar se existe segurança para proceder à manutenção do dispositivo – se já não se encontra em funcionamento.		
			Trabalhos realizados numa potencial atmosfera perigosa	Risco de explosão	Presença de poeiras na zona do depósito	10	7	6	420	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Sinalização da área perigosa; Detecção e/ou monitorização da atmosfera; Não utilizar fontes de ignição.
				Alergias, problemas do aparelho respiratório, diminuição do		6	7	6	252	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados – máscara de protecção;

		rendimento físico						Instalar sistemas de captação de poeiras eficazes e existência de ventilação adequada.
--	--	-------------------	--	--	--	--	--	--

Anexo 6

Aplicação do FMEA na manutenção do sistema de acumulação e circulação

FMEA DOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE ACUMULAÇÃO E CIRCULAÇÃO

Acções de manutenção	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Causa potencial da falha	S	O	D	RPN	Acções de recomendação
Limpeza da câmara de combustão da caldeira e do queimador	Manuseamento de material em condições de elevada temperatura	Queimaduras	Falta de uso de EPI's adequados	8	8	6	384	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Manuseamento de materiais e/ou equipamentos	Esmagamento/ Entalamento e lesões superficiais	Queda de materiais/ equipamentos	7	8	6	336	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Lesões músculo-esqueléticas	Sobre-esforços ou posturas inadequadas	5	10	6	300	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
		Lesões múltiplas pela queda ao mesmo nível	Local de trabalho desorganizado	4	6	6	144	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Manter organizada e limpa a área de trabalho.
Limpeza das válvulas de segurança	Manuseamento de materiais e/ou equipamentos	Esmagamento/ Entalamento e lesões superficiais	Queda de materiais/ equipamentos	7	8	6	336	Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Lesões músculo-esqueléticas	Sobre-esforços ou posturas inadequadas	5	10	6	300	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Formação específica em movimentação manual de cargas e riscos ergonómicos
		Queda ao mesmo nível	Local de trabalho desorganizado	4	6	6	144	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Manter organizada e limpa a área de trabalho.

	Manuseamento de material em condições de elevada temperatura	Queimaduras	Falta de uso de EPI's adequados	8	8	6	384	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Manuseamento de equipamento pressurizado	Emanação de vapores que causam irritação da pele, olhos e vias orais	Falta de uso de EPI's adequados	4	4	6	96	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
		Projecção de objectos	Falta de uso de EPI's	7	8	6	336	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados
Efectuar a purga das tubagens do ar existente	Evaporação de fluido térmico	Irritação da pele, olhos e vias orais	Falta do uso de EPI's	4	4	6	96	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.
	Perigo de contacto com líquido a uma temperatura elevada	Queimaduras	Falta de uso de EPI's adequados	8	8	6	384	Reforço das acções de controlo dos trabalhos; Promover formação e sensibilização contínua das equipas de trabalho; Utilização de EPI's adequados.

Anexo 7

Aplicação do FMEA aos equipamentos de segurança (válvulas e vaso de expansão)

FMEA dos Equipamentos de Segurança do Sistema Térmico								
Componente (Função)	Modo de falha	Efeito de falha	Potenciais causas de falha	S	O	D	RPN	Acções de recomendação
Válvula de segurança (Previne o aumento de pressão nos circuitos)	Bloqueada em posição fechada	Não permite a desprurização dos sistemas, e por isso não previne as possíveis diferenças de pressão existentes que poderão levar a um rebentamento das tubagens, comprometendo todo o processo produtivo e segurança dos trabalhadores.	Problemas nos seus componentes internos	5	4	4	80	Inspeções periódicas de manutenção incluídas no plano de manutenção preventiva
			Descalibração	5	4	4	80	
			Erro humano na montagem	5	2	3	30	
	Bloqueada em posição aberta		Problemas nos seus componentes internos	5	4	4	80	
			Descalibração	5	4	4	80	
			Erro humano na montagem	5	2	3	30	
	Rotura		Fissura ou Corrosão	5	2	3	30	
	Fuga		Defeito de estanquidade	5	4	4	80	

Vaso de expansão (Absorve as variações de pressão do sistema hidráulico)	Rotura	Não absorve a dilatação do fluido, quando este é aquecido e não protege a instalação do aumento de pressão, o que pode originar rebentamentos da tubagem, comprometendo o funcionamento e segurança de todo o sistema.	Fissura ou Corrosão	5	2	3	30	Inspeções periódicas de manutenção incluídas no plano de manutenção preventiva
	Fuga		Defeito de estanquidade	5	4	4	80	
Válvula de anti-retorno ou retenção (Aplicadas para evitar que o fluido circule no sentido contrário)	Bloqueada em posição fechada	Não circula o fluido, provocando uma sobrepressão no sistema o que poderá levar a um rebentamento das tubagens, comprometendo todo o processo produtivo e segurança dos trabalhadores.	Descalibração	5	4	4	80	Inspeções periódicas de manutenção incluídas no plano de manutenção preventiva
			Problemas nos seus componentes internos	5	4	4	80	
			Erro humano na montagem	5	2	3	30	
	Bloqueada em posição aberta	Não há retenção a possíveis retornos. Sem controlo do fluido pode aumento da pressão, provocando danos nos seus componentes e diferenças de pressão que poderão provocar o rebentamento das tubagens, comprometendo todo o processo	Problemas nos seus componentes internos	5	4	4	80	
			Descalibração	5	4	4	80	
			Erro humano na montagem	5	2	3	30	

	Rotura	produtivo e segurança dos trabalhadores	Fissura ou Corrosão	5	2	3	30	
	Fuga		Defeito de estanquidade	5	4	4	80	
