



**TÉCNICO**  
LISBOA

**Aplicação do Método de Análise de Riscos AMFE às Fases  
de Recepção, Armazenamento, Pré-limpeza,  
Preparação da Semente e Extracção na Iberol**

**Joana Gonçalves Lourenço**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química

**Mestrado Integrado em Engenharia Química**

**Júri**

Presidente: Dr Carlos Manuel Faria de Barros Henriques  
Orientador: Dr<sup>a</sup> Maria Fernanda do Nascimento Neves de Carvalho  
Vogal: Dr Sebastião Manuel Tavares da Silva Alves

**Orientadores**

Dr<sup>a</sup> Maria Fernanda do Nascimento Neves de Carvalho (IST)  
Eng<sup>a</sup> Maria José dos Santos Pereira Calçada (Iberol)

**Novembro de 2015**

## Agradecimentos

Na recta final do meu curso de Engenharia Química, gostaria de agradecer a todos os que me acompanharam ao longo destes duros anos. Desde as noites mal dormidas, às horas que pareciam nunca mais acabar nos transportes públicos, houve tempo para tudo e felizmente houve sempre quem estivesse ao meu lado.

Quanto à tese de mestrado, resta-me agradecer à professora e orientadora Fernanda Carvalho, responsável por me incutir o gosto pela área de segurança industrial, pelo acompanhamento e orientação imprescindíveis ao longo destes meses. Por outro lado, gostaria de agradecer à empresa Iberol pela oportunidade de me receber para a realização do estágio e aos meus orientadores Jorge Salgueiro e Maria José Calçada, responsáveis por conseguir estabelecer e cumprir o meu trajecto, da melhor maneira possível, e também pela sua disponibilidade prestada, especialmente após as alterações internas da empresa e situações mais caóticas. À minha companheira de gabinete Sónia Delgado Simões, que me acompanhou diariamente, me apoiou, e com quem aprendi bastante. Aos meus colegas de estágio Teresa Roque, António Festas, Cláudia Correia, David Faria e Ana Ismael agradeço o convívio e a amizade nas horas de almoço. Também a todos os operadores e chefes de turno, o meu mais agradecimento, pela disponibilidade prestada e em toda a aprendizagem que me foi providenciada.

Aos meus grandes apoios de todos os dias, destacando Maria Inês Cardoso, Marta Estêvão, Marta Matos, Francisco Patrocínio e Guilherme Lopes, obrigada por tornarem tudo mais fácil e contribuírem para que me sinta completamente realizada enquanto pessoa, a todos os níveis.

## Resumo e Palavras-chave

No âmbito da empresa de extracção de óleos e produção de biodiesel, Iberol SA, foi efectuada uma análise de risco processual através do método AMFE – análise do método de falhas e efeitos.

Procedeu-se à análise do risco desde a recepção da semente, prosseguindo para o armazenamento, pré-limpeza, preparação e extracção do óleo, exceptuando a última etapa – a produção de biodiesel – uma vez que está mais automatizada e as instalações são bem mais recentes. A análise de risco está focada no parâmetro gravidade, referente ao processo, trabalhadores e meio ambiente.

O risco avaliado tem em conta, para além da gravidade, os parâmetros ocorrência e detecção, classificados de 1 a 10 (cada um). O produto (multiplicação) dos três parâmetros origina o número de prioridade de risco (RPN – risk priority number). Este valor permite priorizar as situações de falha, considerando-se que acima de 125 o risco não seria tolerado, bem como a ultrapassagem dos limites individuais de algum dos três parâmetros. Nestas situações, são sugeridas medidas a implementar na empresa, para minimização do risco.

A aceitação ou rejeição das medidas cabe à direcção da Iberol e estas recaem bastante sobre a duplicação e redundância de sensores, sistemas de supressão de explosão em transportadores e ainda manutenção preventiva.

A Iberol não possuía quaisquer sistemas de gestão de risco, devendo esta análise AMFE constituir um ponto de partida para a sua iniciação nesse sentido, recomendando-se a continuidade da avaliação, estreitando gradualmente os limites de aceitabilidade, fazendo com que o risco seja reduzido a valores aceitáveis.

Palavras-chave: AMFE, avaliação do risco, risco processual, RPN, mitigação do risco;

## Abstract and Keywords

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis methodology was applied to risk assessment in the oil extraction and biodiesel production in Iberol SA.

The analysis starts at the reception and storage of the seeds, continuing to the sections of pre-cleaning and cleaning, preparation and finally extraction of the oil. The section of production of Biodiesel it's not addressed in this work, because it's a more recent sector with mainly automated mechanisms.

Severity is referred to the process, environment and workers, and the other parameters are occurrence and detection, rated from 1 to 10, each of them. Those three numbers are multiplied to get RPN – Risk Priority Number, which prioritizes situations of failure. To minimize the risk, actions are recommended in two situations: when RPN is above 125, and when the limits of acceptance of any individual parameter are exceeded.

The admission or rejection of the actions it's up to Iberol's administration, and consist on redundancy and duplication of sensors, explosion suppressor systems in solids transportation and preventive maintenance.

So far, Iberol hasn't implemented a risk management system, and this FMEA analysis may be a starting point in that way, being recommended the continuity of this evaluation, narrowing gradually the risk acceptance in order to reduce it as much as possible.

Keywords: FMEA, risk assessment, process risk, RPN, risk mitigation;

## Conteúdos

Agradecimentos .....	ii
Resumo e Palavras-chave .....	iii
Abstract and Keywords .....	iv
Conteúdos .....	v
Lista de Figuras .....	vii
Lista de Tabelas .....	viii
Lista de Siglas .....	ix
Introdução .....	1
A Empresa – Iberol .....	3
Da Fundação aos Dias de Hoje .....	3
Processo de Produção da Iberol .....	4
Armazenamento e pré-limpeza da semente .....	4
Preparação .....	5
Extracção .....	9
Análise de Risco .....	15
Perigo vs Risco .....	15
Metodologias de Análise de Risco .....	16
AMFE .....	19
O Método .....	19
Aplicação .....	19
Gravidade .....	20
Ocorrência .....	24
Detecção .....	25
RPN .....	25
Aplicação do Método .....	26
Transporte, armazenamento e pré-limpeza da semente .....	26
Transporte Por Via Fluvial .....	26
Pesagem na Bâscula .....	28
Descarga .....	30
Considerações Gerais no Transporte Por Via Marítima, na Pesagem na Bâscula e na Descarga .....	31
Armazenagem no silo da casca e nos silos mistos .....	32
Coluna de máquinas .....	40
Preparação .....	45
Full - Fat .....	45
Soja .....	54

Colza .....	60
Falhas transversais a todo o processo .....	70
Motores.....	70
Transportadores de sólidos .....	70
Raseiras .....	71
Zoom da zona da extracção.....	71
Triângulo do Fogo .....	72
A utilização de hexano no processo da Iberol .....	73
Acções Recomendadas .....	75
Conclusões .....	79
Bibliografia .....	81
Anexos.....	81
Anexo 1 .....	81
Anexo 2.....	82
Extracção - Circuito dos sólidos .....	82
Extracção - Circuito dos líquidos .....	91
Extracção - Circuito dos gases .....	97

## Lista de Figuras

Figura 1 – Representação esquemática da pré-limpeza da semente.....	5
Figura 2 – Representação esquemática do processo de preparação da colza .....	7
Figura 3 – Representação esquemática do processo de preparação da soja.....	8
Figura 4 – Representação esquemática da produção de soja integral.....	9
Figura 5 – Representação esquemática da linha de sólidos na extracção.....	11
Figura 6 – Representação esquemática da linha de adição de casca.....	12
Figura 7 – Representação esquemática da 1ª parte da linha de Líquidos da extracção.....	12
Figura 8 – Representação esquemática da linha 2ª parte da linha de Líquidos da extracção .....	13
Figura 9 – Representação esquemática da 1ª parte da linha dos gases na extracção.....	14
Figura 10 – Representação esquemática da 2ª parte da linha dos gases na extracção.....	14
Figura 11 – Sinalização de zona com potencial atmosfera explosiva.....	72
Figura 12 – Placas de sinalização de zonas com potencial atmosfera explosiva.....	72
Figura 13 – Triângulo do fogo.....	73

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Agrupamento de métodos de análise de risco segundo a sua classificação .....	16
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos três principais tipos de metodologia de análise de risco..	17
Tabela 3 – Escala de classificação relativa à gravidade para o processo .....	21
Tabela 4 – Escala de classificação relativa à gravidade para os trabalhadores .....	22
Tabela 5 – Escala de classificação relativa à gravidade para o ambiente .....	23
Tabela 6 – Exemplo de classificação de uma falha.....	23
Tabela 7 – Escala de classificação relativa à ocorrência .....	24
Tabela 8 – Escala de classificação relativa à detecção .....	25
Tabela 9 – AMFE aplicado ao transporte por via fluvial.....	27
Tabela 10 – AMFE aplicado ao processo de pesagem na báscula .....	28
Tabela 11- AMFE aplicado à descarga da semente.....	30
Tabela 12 – AMFE aplicado ao armazenamento de material no silo da casca e sementes estranhas	32
Tabela 13 – AMFE aplicado ao armazenamento de semente nos silos mistos .....	34
Tabela 14 – AMFE aplicado ao processo de pré-limpeza da semente .....	40
Tabela 15 – AMFE aplicado ao processo de produção do <i>Full-Fat</i> .....	45
Tabela 16 – AMFE aplicado ao processo de preparação da semente de soja .....	54
Tabela 17 - AMFE aplicado ao processo de preparação da semente de colza .....	60
Tabela 18 – AMFE aplicado à zona da extracção na ausência de medidas minimizadoras de risco ...	74
Tabela 19 – Matriz classificativa da metodologia de matriz de risco.....	81
Tabela 20 – Definição das classificações do método de matriz de risco.....	81
Tabela 21 – AMFE aplicado ao circuito de sólidos da extracção.....	82
Tabela 22 – AMFE aplicado ao circuito dos líquidos da extracção .....	91
Tabela 23 – AMFE aplicado ao circuito dos gases de hexano que saem da miscela no 60A .....	95
Tabela 24 – AMFE aplicado ao circuito dos gases que saem da miscela no 60B (equipamentos comuns ao circuito anterior não estão contemplados) .....	96
Tabela 25 - AMFE aplicado ao circuito dos gases que saem da miscela no 22 (equipamentos comuns aos circuitos anteriores não estão contemplados) .....	96
Tabela 26 - AMFE aplicado ao circuito dos gases da extracção.....	100

## Lista de Siglas

AMFE – Análise do Modo de Falhas e Efeitos

AQ – Aquecedor

DF – Dessolventização Final

DT – Dessolventizador/Tostador

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

FMEA – *Failute Method and Effects Analysis*

HAZOP – *Hazard and Operability Study*

OGM – Organismo Geneticamente Modificado

RPN – *Risk Priority Number*

UPS – *Uninterrupted Power System*

## Introdução

A inovação e o progresso são uma constante associada a diversas áreas da tecnologia, nomeadamente na indústria, em que se procura uma optimização da produção com o menor custo associado. A exigência dos mercados actuais, associada à necessidade de melhoria de desempenho, tanto em termos de qualidade como em preços e prazos, leva as empresas a desenvolverem todos os esforços possíveis para a melhoria contínua de todos os seus processos de produção.

No sentido de responder às pressões de mercado, a Iberol sentiu a necessidade de elaborar uma análise de risco a nível do seu processo de produção. A empresa de extracção de óleos de oleaginosas e produção de biodiesel recentemente passou a ser maioritariamente detida por uma sociedade gestora de fundos de capital de risco e de reestruturação, ECS Capital. Esta alteração de fundo, levou a uma mudança das políticas de gestão baseadas em análises de risco estruturadas com vista à melhoria contínua de todos os processos.

Devido ao limite de tempo disponível para o estágio curricular na empresa, optou-se por seleccionar como objecto de estudo apenas uma parte do processo de produção. A escolha da secção para a análise de risco foi feita com base na antiguidade de algumas secções, e a sua deficiente automatização; sendo eleitas as fases de recepção, armazenamento e pré-limpeza da semente, preparação e extracção do óleo. A fábrica de biodiesel e a expedição do mesmo já não são abrangidas no estudo, uma vez que a construção destes sectores da fábrica é relativamente recente, remontando a 2006, sendo os seus processos bastante mais modernos e com sistemas de controlo autónomos.

Por forma a realizar a análise de risco, poder-se-ia optar por diversas metodologias utilizadas na indústria química, como sendo, a título de exemplo, HAZOP, *Brain Storming*, árvore de análises de falha ou AMFE. Esta última tipologia foi a seleccionada para a análise de risco, permitindo a identificação clara das falhas do processo, as suas consequências, facilitando a priorização de acções a tomar de acordo com a gravidade das mesmas, a sua frequência de ocorrência e a detecção existente.

O trabalho tem como principais objectivos:

-Identificação da situação actual na Iberol e estabelecer condições adequadas de escalas para a aplicação do método na sua situação específica;

-Caracterização do processo de produção e identificação de potenciais falhas e consequências das mesmas;

-Aplicação do método de análise AMFE ao processo de recepção, armazenamento, pré-limpeza, preparação e extracção;

-Hierarquização das falhas e obtenção de acções recomendadas para as situações em que a redução do risco é mais imprescindível;

Finalmente, relativamente à estrutura da dissertação, esta divide-se em 7 capítulos, excluindo a introdução. Inicialmente é feita uma apresentação da empresa Iberol, onde o trabalho foi desenvolvido, expondo a sua história e o processo de produção abrangido pela análise de risco.

Segue-se o capítulo de análise de risco, em que são distinguidas as noções de perigo e risco, e são referidas e comparadas várias metodologias de risco por forma a justificar a escolhida – AMFE.

O terceiro capítulo envolve esclarecimentos quanto à metodologia própria AMFE, bem como às necessidades de adaptação da metodologia à situação específica do processo da Iberol, sendo que no quarto capítulo se trata da aplicação do método, concretamente.

A zona da extracção do óleo está citada no quinto capítulo, numa forma mais concisa, atentando para os perigos particulares de uma zona de atmosfera perigosa e recordando alguns conceitos como os limites de inflamabilidade e o triângulo do fogo.

O sexto capítulo contém os *outputs* da análise de risco, sendo recomendadas as acções a tomar por parte da empresa para minorar o risco, nas situações primordiais.

Por fim, têm-se as conclusões do trabalho, que derivam da metodologia eleita, o modo como foi implementada e os resultados obtidos.

## A Empresa – Iberol

### Da Fundação aos Dias de Hoje

A empresa Iberol – Sociedade Ibérica de Biocombustíveis e Oleaginosas, SA., é uma sociedade anónima no ramo da produção de biocombustíveis, estando a sua sede e instalações fabris em Alhandra, no concelho de Vila Franca de Xira, distrito de Lisboa.

A Iberol surgiu em 1968, a partir de capitais portugueses, espanhóis e americanos, dedicando-se ao ramo agro-alimentar com a extracção de óleo de soja e produção do seu bagaço, com uma capacidade de processamento de 100 ton/dia de sementes de soja em laboração contínua de 24 horas por dia, 7 dias por semana.

A produção da Iberol apresentava dificuldades em escoar os seus produtos, uma vez que o consumo de bagaços para as rações animais era diminuto e a legislação portuguesa, até ao ano de 1973, impossibilitava a utilização do óleo de soja para fins alimentares. Porém, após 1973, com a saída de capitais estrangeiros, a empresa passa a ser exclusivamente nacional, e, sendo instaurada a possibilidade de consumo humano alimentar de óleo de soja, a capacidade da unidade foi ampliada, em 1980, para 600 ton/dia de sementes de soja processadas.

Em 1985, deu-se uma expansão da fábrica, com a aquisição de novos terrenos, instalação de novos blocos silares para o grão e construção de um terminal fluvial. A capacidade aumentou 9 vezes relativamente à instalada inicialmente, para 900 ton/dia de soja processada, sendo que se iniciou também a produção de soja integral, na ordem das 400 ton/dia.

Dada a crise generalizada notória no sector agroalimentar, a Iberol suspendeu a sua actividade em 1997, situação que manteve até Julho de 1998, momento em que foi adquirida pela *holding* NUTASA. Em 1999 inicia um processo de desenvolvimento e modernização, em que se dá a substituição de equipamentos por forma a promover uma melhoria de desempenho técnico e ambiental, um aumento da capacidade produtiva e automação do processo.

A capacidade de processamento actual é de 1500 ton/dia de sementes de soja e sustenta uma produção de 450 ton/dia de soja integral tostada, sendo que toda a produção de derivados de soja é expedida a granel através das vias rodoviária, marítima ou ferroviária.

Em 2004 deu-se mais uma reforma significativa da unidade, em que foi alterada a sua actividade principal, passando a ser a produção de biodiesel o foco primordial. Este produto é produzido a partir do óleo vegetal extraído na Iberol e também de óleos adquiridos a empresas externas., tendo essencialmente como destino as petrolíferas nacionais que incorporam 7% de biodiesel no diesel colocado no mercado.

## Processo de Produção da Iberol

A Iberol tem vários processos específicos, consoante a semente a processar para obtenção do óleo para a produção de biodiesel, sendo que geralmente se trata de colza ou soja. Produz ainda soja integral, ou *full-fat*, para além dos bagaços – produtos sólidos para a alimentação animal que resultam do processo de extracção.

A Iberol tem quatro áreas principais com objectivos e propósitos diferentes para o processo, sendo estas o armazenamento e pré-limpeza da semente, a preparação, a extracção e a produção de biodiesel.

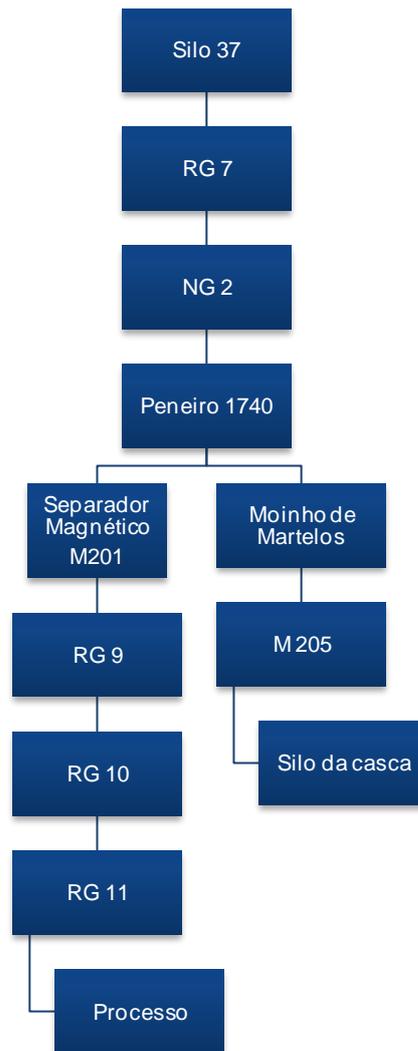
Devido à exigência do trabalho a realizar, no período de tempo que seria disponibilizado, limitou-se a avaliação de riscos até à extracção do óleo, excluindo a produção de biodiesel, ficando esta como sugestão para um próximo trabalho de dissertação. A escolha foi feita desta forma, dado que a instalação de biodiesel é relativamente recente, tendo sido implementada em 2006, apresentando tecnologias mais modernizadas e possivelmente com falhas de menor risco.

Segue-se uma breve descrição do processo.

### ***Armazenamento e pré-limpeza da semente***

A recepção da semente pode ocorrer por via rodoviária, ferroviária ou fluvial, existindo uma pesagem prévia na báscula.

Segue-se a descarga no tegão, cuja entrada possui uma grelha, que impede a entrada de materiais estranhos de maiores dimensões no processo. O armazenamento pode ter vários destinos, existindo um bloco silar constituído por 38 silos, sendo que o silo 1 alimenta exclusivamente o circuito da produção da soja integral e o silo 37 alimenta directamente o circuito de pré-limpeza que antecede a fase da preparação. Este circuito de pré-limpeza, com semente proveniente do silo 37, inicia-se no peneiro, em que é feita uma separação entre as sementes, os pós e os resíduos de maiores dimensões. As sementes passam pelo separador magnético antes de seguirem para a preparação, de modo a que materiais ferrosos existentes fiquem retidos e não prossigam para o processo. Já as cascas, e outros materiais separados no peneiro, entram num moinho de martelos, equipado com magnéticos por forma a reter material ferroso, e, no caso da soja, mói o material que recebe. Esse material é por fim enviado para o silo da casca, através de um sistema de transporte pneumático.



**Figura 1 – Representação esquemática da pré-limpeza da semente**

### **Preparação**

Nesta fase, o objectivo da maioria dos processos realizados prende-se com a preparação física da semente que antecede a extracção química. Recebida a semente, podem existir três vias distintas, dependendo de a matéria-prima ser a colza ou a soja e o destino ser a extracção ou a produção de soja integral. No primeiro caso, a colza passa inicialmente pelos laminadores, de modo a que a semente seja laminada com a espessura pretendida, sendo que os laminadores estão também equipados com magnetos que retêm contaminações de materiais ferrosos. Segue-se o condicionamento, onde o aumento de temperatura é crucial para extrair parte do conteúdo oleico da colza na fase seguinte. Os *expanders*, equipamentos que se seguem aos condicionadores, criam elevada pressão do material contra as paredes, por acção de um sem-fim, libertando-se uma percentagem de óleo considerável. O óleo extraído passa por um decantador e uma centrífuga para

ser purificado e armazenado, já os resíduos sólidos retirados retornam aos condicionadores. Por outro lado, os sólidos que resultam dos *expanders* seguem para um secador para baixar a temperatura e remover alguma humidade, através de ventilação, antes de seguirem para a extracção, onde será extraído o restante óleo.

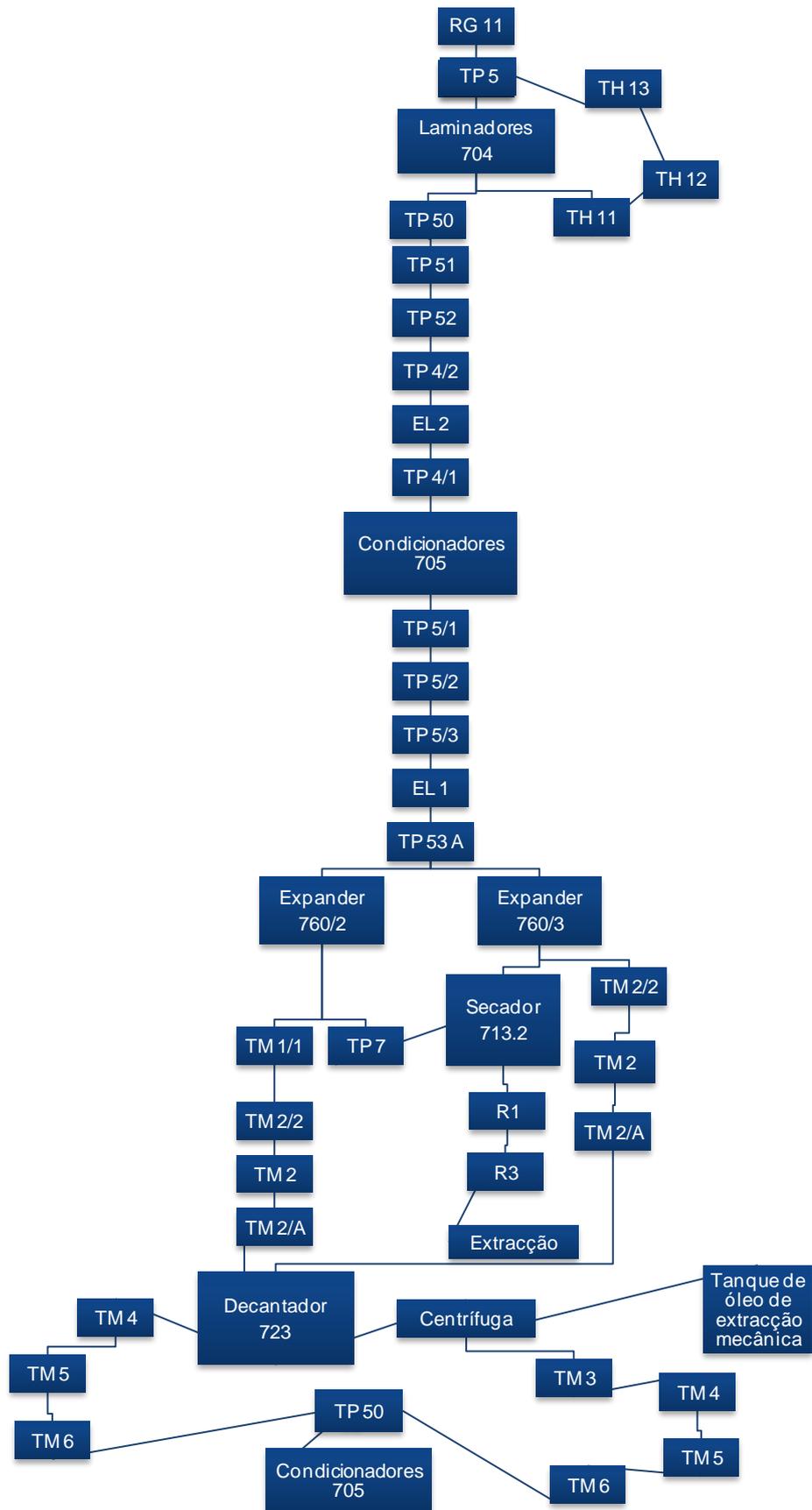
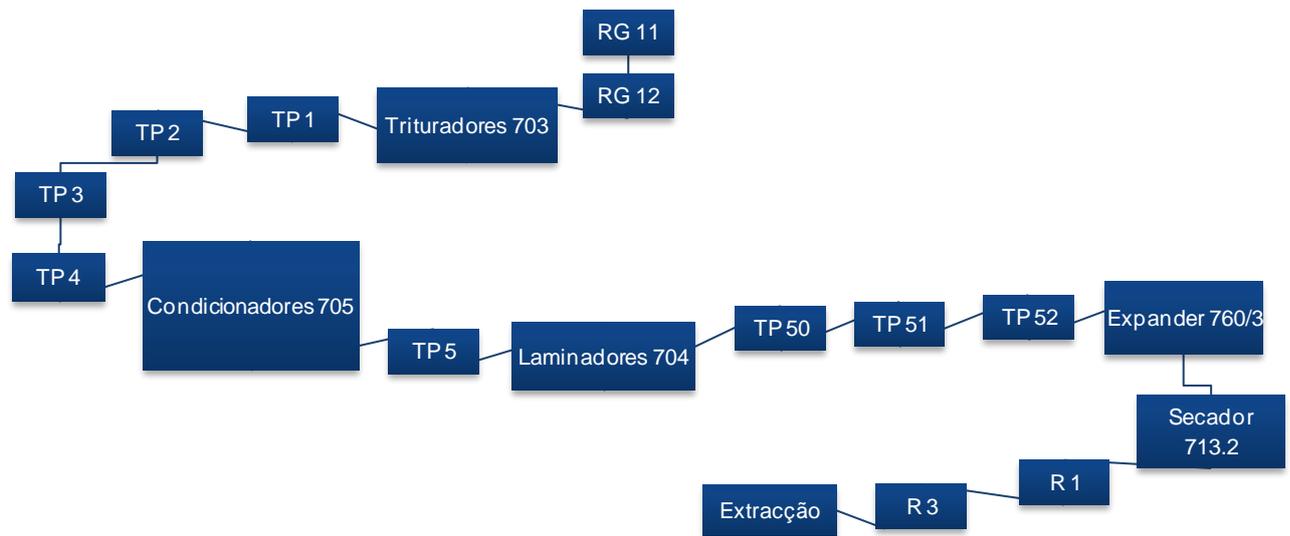


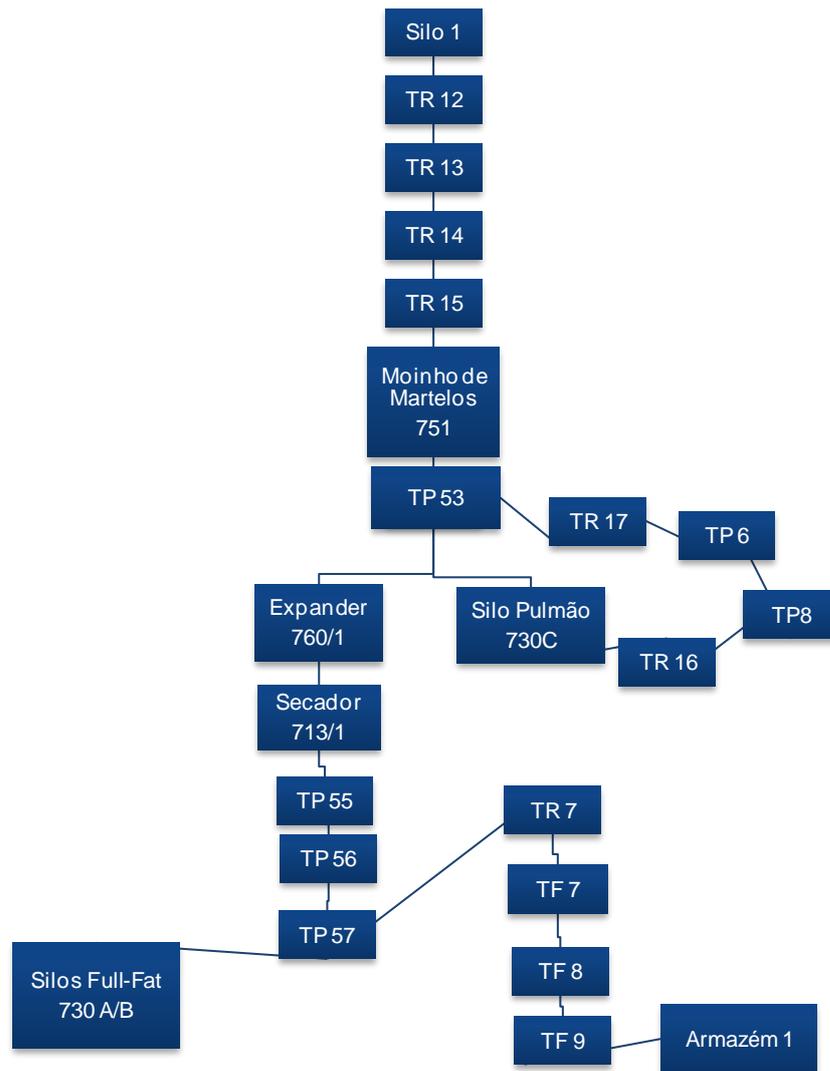
Figura 2 – Representação esquemática do processo de preparação da colza

O circuito efectuado pela soja difere do anterior, uma vez que não é retirado qualquer óleo no processo da preparação. Inicia-se nos trituradores, equipamentos em que a semente é partida em quatro porções, seguindo-se os condicionadores, que, ao aumentarem a temperatura da soja, promovem o seu amaciamento, possibilitando a sua laminagem e garantindo a plasticidade adequada para ser floculada. Segue-se o processo de expansão no *expander*, para que o processo de extracção posterior seja mais eficaz, sendo que antes o material ainda passa por um secador para reduzir a sua temperatura e a humidade.



**Figura 3 – Representação esquemática do processo de preparação da soja**

Por outro lado, o circuito de soja integral (também designada *full-fat*) ocorre na sua totalidade na zona da preparação, sendo a soja utilizada proveniente exclusivamente do silo 1, para o moinho de martelos, onde a semente sofre partição, passando pelo *expander* e terminando no secador, por forma a reduzir o teor de humidade e principalmente temperatura. Por fim, é armazenado nos dois silos reservados para o efeito ou no armazém 1.



**Figura 4 – Representação esquemática da produção de soja integral**

### **Extração**

Após a obtenção uma semente mecanicamente otimizada, no caso da colza já com algum óleo retirado, ocorre a extração química, onde se extrai o máximo teor oleico. Esta etapa é constituída por vários segmentos, que, embora estejam interligados, são passíveis de descrição individual para efeitos práticos, sendo estes essencialmente o circuito dos sólidos, dos líquidos e dos gases.

O circuito de sólidos inicia-se no R3, com o material vindo da preparação, e segue para o extractor, equipamento responsável pela extração química do óleo. No extractor, o material contacta com o solvente (hexano) formando a miscela – óleo e hexano, sendo que os resíduos sólidos seguem para o DT – dessolventizador/tostador. Este equipamento tem quatro funções principais: a

dessolventização, que ocorre nos quatro primeiros pisos, a cozedura, a tostagem e a secagem. Pelo topo saem os vapores de hexano vaporizados no equipamento, sendo o bagaço encaminhado para o secador e posteriormente para os armazéns novos, silo pulmão 3730 A ou regressa à preparação para ser misturado com casca na Rotex. O bagaço, no final do processo, deverá cumprir as especificações de venda para a alimentação animal, isento de hexano e contendo os teores de fibra e humidade exigidos.

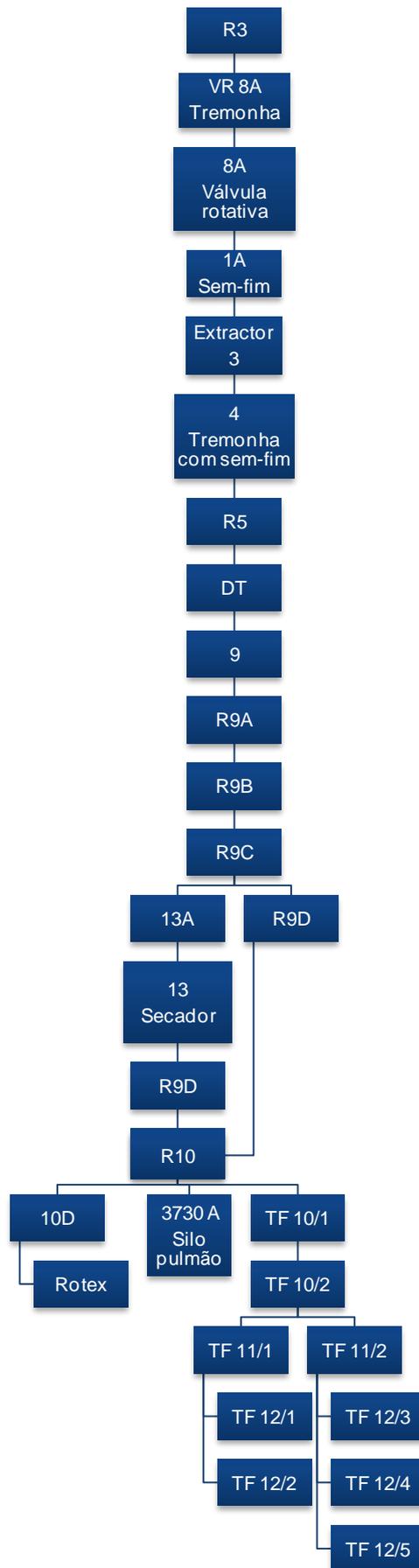
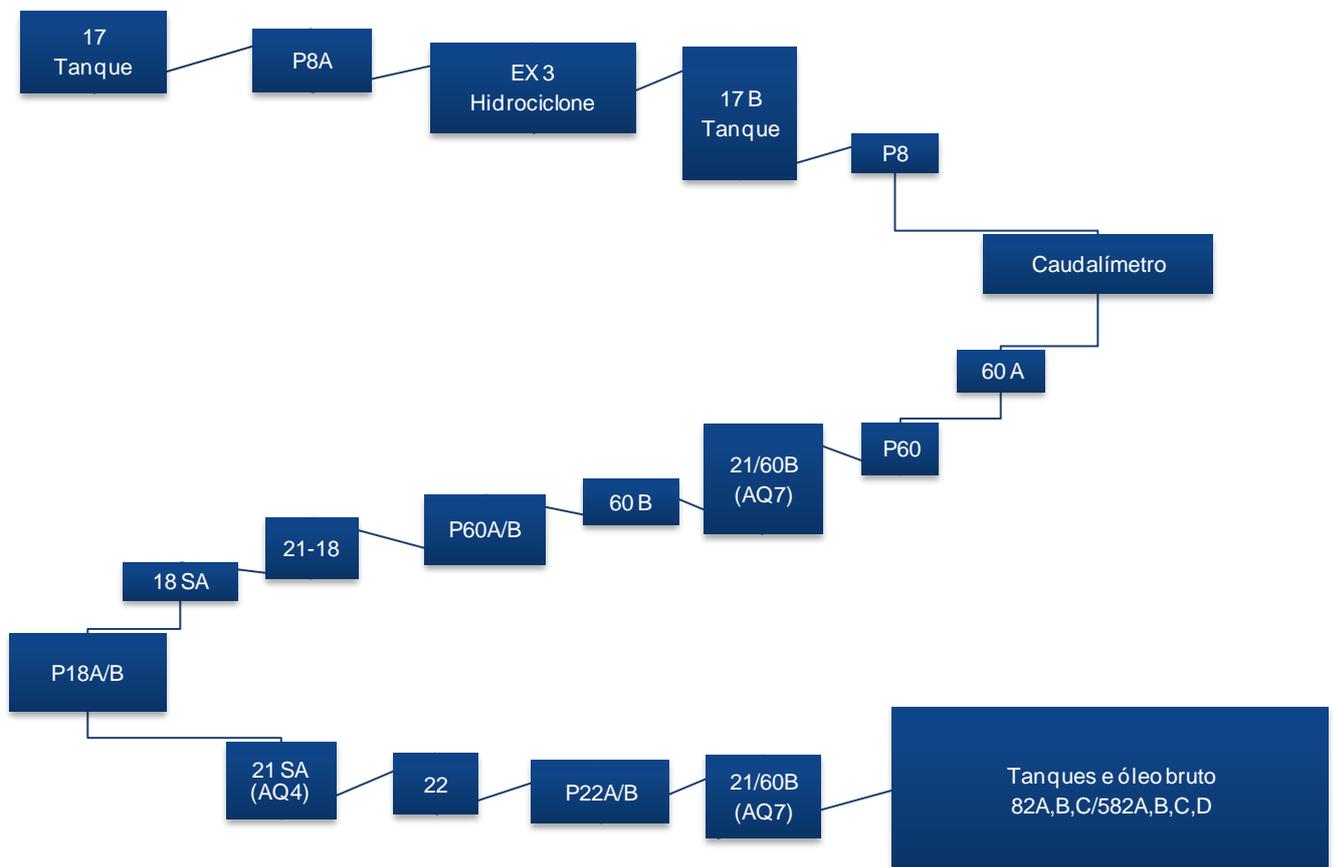


Figura 5 – Representação esquemática da linha de sólidos na extração



**Figura 6 – Representação esquemática da linha de adição de casca**

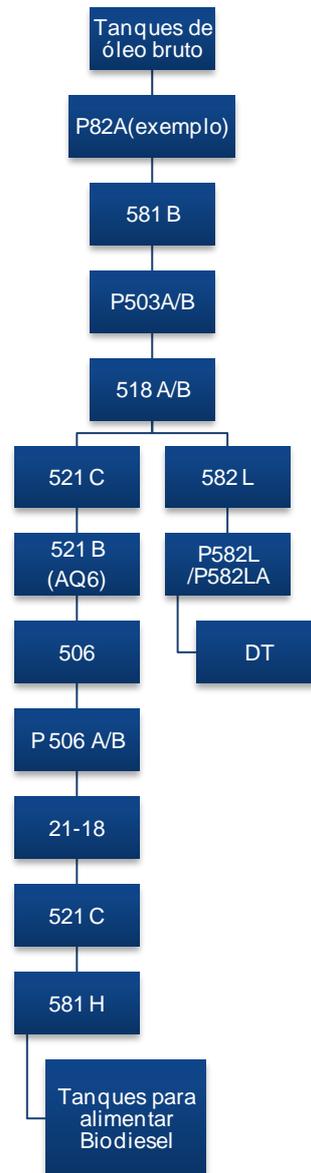
A miscela formada no extractor necessita de purificação, por forma a recuperar o hexano e obter o óleo, passando por processos de destilação, através dos evaporadores 60 A e B, diversos permutadores de calor que promovem aquecimento do líquido, como sendo o AQ 7 ou o 21 – 18, e colunas de destilação. Após esta linha de equipamentos, o fluido faz integração energética com o AQ7, servindo como fluido quente, antes de ser armazenado nos tanques de óleo bruto, após ser arrefecido.



**Figura 7 – Representação esquemática da 1ª parte da linha de líquidos na extração**

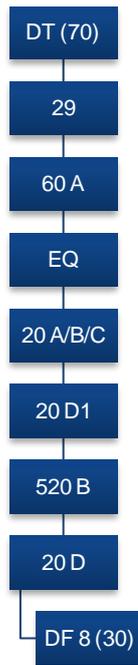
Embora já não exista hexano no fluido, é ainda necessária a remoção das gomas (lecitinas) presentes no óleo, sendo que a lavagem com água e centrifugação é efectuada nas centrífugas. As lecitinas são armazenadas no tanque 582 L para serem adicionadas ao bagaço no DT, já o óleo

desgomado necessita de secagem, sendo sujeito a trocas térmicas para ser retirada a humidade. O óleo desgomado seco é então armazenado para servir como matéria-prima à fábrica de Biodiesel.



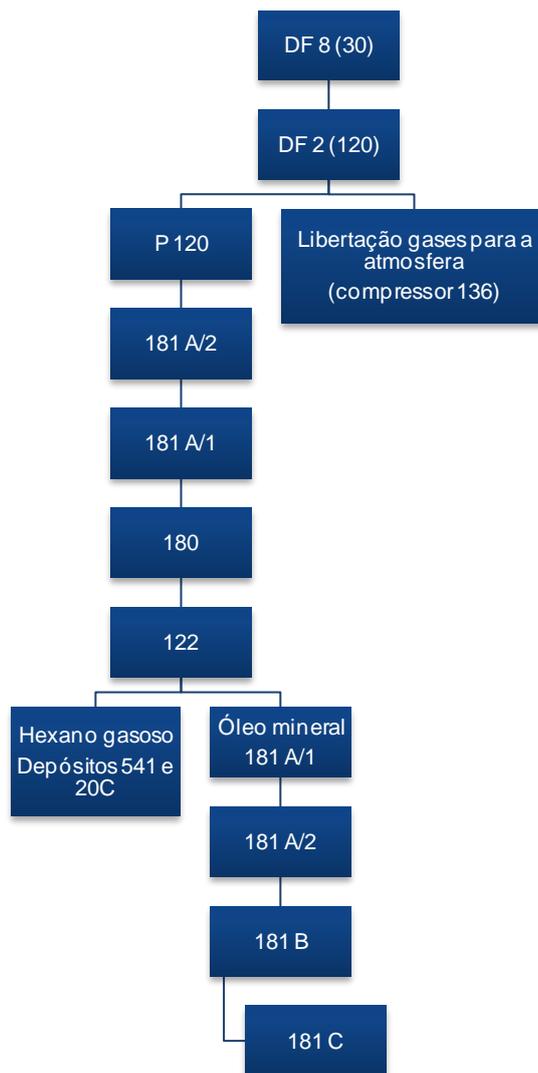
**Figura 8 – Representação esquemática da 2ª parte da linha de líquidos da extração**

Os gases que circulam no processo, maioritariamente enriquecidos em hexano, provindos do DT, passam por um lavador de gases (29), sendo posteriormente condensados através de equipamentos de transferência de calor, passando pelo 60A como fluido que cede calor, pelo equalizador EQ, e pelos permutadores de calor de caixa e tubos 20 A, B e C, dirigindo-se os condensados para um tanque de decantação líquido-líquido. Todos os gases evaporados da corrente líquida são condensados em permutadores de calor e são também enviados para o decantador. Aqui é feita a separação entre o hexano e a água, sendo o hexano recirculado para o processo, entrando no extractador novamente. A água retorna ao equipamento 45 e depois ao 29 para auxiliar na lavagem dos gases à saída do DT.



**Figura 9 – Representação esquemática da 1ª parte da linha dos gases na extração**

O que não condensar anteriormente segue para um último equipamento (DF 8) que efectua uma lavagem dos gases com água do *chiller*, para que exista um maior intervalo de temperaturas e os gases condensem mais facilmente. Por fim, na recuperação final, os gases contactam com óleo mineral frio que absorve o hexano residual, numa coluna de absorção, garantindo a isenção de hexano e libertando todo o restante conteúdo gasoso na atmosfera.



**Figura 10 – Representação esquemática da 2ª parte da linha dos gases na extração**

Os efluentes do processo seguem para tratamento na ETAR da empresa Biovegetal, que os reenvia para a Iberol para ligação ao colector Municipal.

## **Análise de Risco**

### **Perigo vs Risco**

Os termos perigo e risco são frequentemente aplicados indiscriminadamente, existindo por vezes mal-entendidos aquando do seu uso. Por essa mesma razão, são clarificados alguns termos essenciais.

Segundo a Comissão Europeia <sup>[1]</sup>, o perigo é “a propriedade ou capacidade intrínseca de uma coisa (materiais, equipamentos, métodos e práticas de trabalho, por exemplo) potencialmente causadora de

danos”; e o risco, por outro lado, traduz-se na “probabilidade do potencial danificador ser atingido nas condições de uso e/ou exposição, bem como a possível amplitude do dano”.

Deste modo, diferenciam-se ambos os termos, clarificando algumas questões quanto à sua aplicação. O perigo existe sempre, uma vez que está associado às características próprias do objecto de estudo, enquanto que o risco, associado à probabilidade do perigo e a falha se manifestarem, é algo que pode ser minimizado, com a aplicação de medidas de segurança apropriadas. Com a concretização de uma análise de risco, pretende-se identificar as causas e estabelecer planos de acção com vista à diminuição do risco, conduzindo-o até níveis de aceitabilidade, sendo estes definidos de acordo com o cumprimento da legislação de segurança e higiene no trabalho em vigor, e com os objectivos de optimização definidos, consoante os meios disponíveis, em termos de grau do risco.

### Metodologias de Análise de Risco

Existem variados métodos de análise de risco, classificados e distinguidos pela sua abordagem, sistema de raciocínio, aplicabilidade, entre outros. Por essas mesmas razões, não existe uma metodologia que se sobreponha relativamente às restantes. Cada caso é um caso, devendo ser feito um balanço de vantagens e desvantagens e concluir acerca da melhor análise a implementar, para o caso em estudo, relativamente ao que é pretendido.

A abordagem das análises de risco tem sofrido alterações ao longo da história, podendo ser classificada como pró-activa, em que visa a prevenção do risco, ou reactiva, solucionando consequências da falha, levando à mitigação. É notório que, cada vez mais, as abordagens reactivas têm vindo a ser substituídas por abordagens pró-activas, uma vez que estas trazem benefícios na medida em que prevêm as situações de falha e as suas consequências, baseando-se na prevenção da sua ocorrência ou minimização de danos. Já com abordagens reactivas, lidam-se com as consequências das falhas e procuram-se soluções para as mesmas, sendo que deste modo o tempo de resolução é superior, bem como certamente os custos a longo prazo associados. Acrescendo ainda que a ocorrência de acidentes ou incidentes pode ser bastante penalizadora em termos humanos e/ou das instalações e ambiente.

Seguem-se exemplos de ambas as abordagens nas metodologias de análise de risco <sup>[2]</sup>.

**Tabela 1 – Agrupamento de métodos de análise de risco segundo a sua classificação**

Métodos Pró-ativos	Análise Preliminar de Riscos
	Análise por Árvores de Eventos
	Análise por Árvores de Falhas
	AMFE
	HAZOP
Métodos Reactivos	Análise por Árvores de Causas
	Estatística da Sinistralidade Laboral

Já no que toca à estimativa e valoração do risco, existem métodos qualitativos, quantitativos ou semi-quantitativos. Os métodos qualitativos expõem os acontecimentos na ocorrência de uma dada falha, de forma descritiva; os métodos quantitativos estimam valores concretos que traduzem probabilidades e consequências das falhas; por último, os métodos semi-quantitativos são um misto dos dois anteriores, dado que é feita uma avaliação qualitativa, sendo esta complementada com valores de estimativa de risco.

Na tabela seguinte apresentam-se exemplos para cada uma das classes de análises de risco, bem como as suas vantagens e desvantagens <sup>[2]; [3]</sup>.

**Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos três principais tipos de metodologia de análise de risco**

<b>Metodologia</b>	<b>Exemplos</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Qualitativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HAZOP</li> <li>- Check-Lists</li> <li>- Análise Preliminar do Risco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação simples (sem cálculos);</li> <li>- Devido à sua simplicidade, é possível todo o envolvimento do pessoal da empresa;</li> <li>- Não é necessária a estimativa da frequência da falha;</li> <li>- Não é necessário calcular o custo dos danos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subjectividade;</li> <li>- Impossibilidade de obter análise expressa em valores concretos;</li> <li>- Comparação difícil do grau de risco das várias falhas;</li> <li>- Dificuldade de destaque dos casos que apresentam maior risco;</li> <li>- Dependente dos executantes na análise;</li> </ul>
Quantitativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Árvore de Falhas</li> <li>- Árvore de Acontecimentos</li> <li>- Avaliação do Risco Quantificada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resultados expressos em valores concretos, mensuráveis;</li> <li>- Permitem comparação do grau de risco entre as várias falhas;</li> <li>- Possibilidade de execução de análise custo/benefício;</li> <li>- Objectividade;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complexidade na aplicação do método;</li> <li>- Necessidade da existência de dados específicos (históricos de ocorrência, custos associados a certos acontecimentos...);</li> <li>- Processo demorado;</li> <li>- Necessários avaliadores experientes e com formação adequada e transversal (geralmente equipa</li> </ul>

			multidisciplinar);
Semi-Quantitativa	- Matriz de Risco - FMEA	- Apresenta relativa simplicidade; - Permite panorama qualitativo mas com o meio de comparação dos métodos quantitativos; - Permite a identificação de prioridades de intervenção; - Embora sejam necessários avaliadores experientes, toda a organização pode intervir, nomeadamente no fornecimento de informação específica e necessária;	- Alguma subjectividade; - Dependência da experiência dos avaliadores; - Processo demorado;

Como forma de prevenção do risco, na unidade industrial Iberol, foi eleito, como método de análise de riscos, o FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*, ou, em português, AMFE – Análise do Modo de Falhas e Efeitos, que é um método pró-activo e de avaliação semi-quantitativa. A escolha do método é justificada pelo seu carácter abrangente, uma vez que engloba a identificação das possíveis falhas e das suas consequências, ao mesmo tempo que as avalia. Estima o risco através da gravidade das falhas, frequência e detecção, possibilitando uma comparação entre as mesmas. É um método bastante completo, que reúne bastante informação sobre o objecto em estudo.

Outros métodos no mesmo registo poderiam ser aplicados, como o método da matriz de risco, mas considerou-se mais completo o AMFE por abranger não somente dois parâmetros principais, mas sim três. Para além disso, o AMFE pressupõe uma pormenorização superior acerca da identificação das falhas e consequências e consegue priorizar as intervenções necessárias na minimização do risco, sendo que a matriz de risco, na sua aplicação original simplificada, apenas classifica as falhas em categorias, dependendo da zona da matriz (ver Anexo-1).

## AMFE

### O Método

A metodologia foi criada em 1949, pelas forças armadas norte-americanas, ganhando especial notoriedade na década de 60, quando aplicado à missão Apolo 11, em que o homem pisa o solo lunar pela primeira vez, com sucesso. No final da década de 70, a *Ford Motor Company* introduziu o AMFE pela primeira vez na indústria (automóvel, neste caso), como principal modo de análise de riscos, uma vez que, embora tenha sido inicialmente desenvolvido por militares, o uso do AMFE é extensível e aplicável a diversas áreas, dada a sua versatilidade de adaptação a cada caso particular <sup>[4]</sup>. O método tem como lema “Faça o melhor que conseguir, com o que tem” e pode ser empregue em qualquer altura mas usualmente é aplicado nas seguintes situações <sup>[5]</sup>.

- Quando novos sistemas, equipamentos, processos ou serviços são feitos;
- Quando novos sistemas, equipamentos, processos ou serviços estão prestes a mudar;
- Quando novas aplicações são encontradas para sistemas, equipamentos, processos ou serviços;
- Quando são consideradas melhorias para sistemas, equipamentos, processos ou serviços;

Como pode ser utilizado sempre pelo prisma da melhoria contínua e inovação empresarial e tecnológica, nunca será considerado completo e dispensável, embora a literatura considere que esteja concluído quando “todas as operações tenham sido identificadas e avaliadas e todos os pontos críticos e significativos sejam tidos em conta no plano de controlo” <sup>[4]; [5]; [6]</sup>.

A análise de risco feita através do AMFE tem essencialmente como objectivos:

- Identificação e percepção da totalidade das potenciais falhas, as causas e os seus efeitos;
- Estimação do risco associado às falhas, causas e efeitos, priorizando as acções correctivas;
- Identificação e implementação de acções correctivas nos casos mais necessários, mitigando o risco;

Uma vez que pode ser aplicado em praticamente qualquer âmbito, existem quatro tipos primários de AMFEs – AMFE de sistema, AMFE de equipamento, AMFE de serviço e AMFE de processo. Este último é o realizado na empresa Iberol, tendo em vista a efectividade da actividade de produção e conformidade/qualidade do produto, minimizando o desperdício e garantindo a segurança.

### Aplicação

O presente método quando aplicado ao processo de modo correcto, com a devida metodologia, num espaço temporal adequado e feito pela equipa apropriada, é capaz de prevenir falhas que

acarretariam danos não só potencialmente prejudiciais para os trabalhadores (segurança), para o ecossistema (ambiente) e para os clientes em termos de atraso do cumprimento de prazos (qualidade).

Inicialmente o processo é delimitado, devidamente identificado e segmentado para a análise, e são identificadas as possíveis falhas. De salientar que as falhas são consideradas tendo em conta as metodologias de controlo que já estão implementadas, sendo admitidas possíveis falhas de sensores, mas não de metodologias próprias concebidas já para a resolução de uma dada questão; caso contrário, estar-se-iam a considerar situações desmedidamente incontrolláveis e problemáticas, para além de que, irreais. Segue-se a identificação das consequências, podendo estas ser múltiplas para cada falha.

Estão contempladas as falhas relativas ao processo, logo, somente as operações em condições de funcionamento normal, estarão incluídas, excluindo alturas de paragem e arranque da unidade.

A aplicação concreta do AMFE tem três parâmetros essenciais como *input* do método: a gravidade, ocorrência e a detecção.

### Gravidade

Traduz-se nas consequências resultantes de uma dada falha, tendo em conta as medidas de segurança existentes, bem como metodologias de controlo e medidas implementadas referentes a situações de falha. A gravidade pode ser classificada de acordo com vários âmbitos, dependendo do que se é pretendido analisar.

A título de exemplo, o AMFE feito por uma equipa de produção, essencialmente focada na optimização do processo, irá ter como foco primordial e, por vezes, único, a gravidade que as falhas poderiam ter para o processo directamente, não atentando à possibilidade de haver consequências de falhas relacionadas com outros panoramas. Por outro lado, os responsáveis pelas questões ambientais dedicar-se-ão aos aspectos relevantes nesse âmbito, como as consequências relacionadas com o contacto de materiais indesejáveis com o meio ambiente, por exemplo. Ainda outra situação possível poderá ser a gravidade das consequências das falhas num cenário financeiro, sendo a optimização do lucro e a minimização dos gastos as preocupação primárias.

Na avaliação de risco desenvolvida na Iberol, optou-se por uma metodologia de análise com abrangência de vários aspectos quanto à gravidade. É importante não restringir a avaliação só aos danos que possam surgir para o processo, mas sim considerar os danos para os trabalhadores e para o ambiente, associados à conduta processual.

Este parâmetro apresenta-se então relativamente à gravidade para o processo, trabalhadores e meio ambiente, para cada uma das consequências da falha, sendo que, para cada consequência predomina o maior valor dos três, e para a gravidade global da falha é considerado o maior dos valores de cada consequência dessa mesma falha.

Para a quantificação dos três sectores abordados na gravidade, é necessário adaptar as escalas de classificação à situação em estudo.

- Gravidade para o processo – Procurou-se cobrir todas as possíveis situações de classificação de uma dada falha quanto à gravidade para o processo, tendo sido elaborada uma escala de 1 a 10, de gravidade ascendente, com base nas perturbações verificadas na linha processual, na sua facilidade de resolução, na conformidade do produto, se as anomalias são locais ou se propagam por vários pontos, ou se delas resultam equipamentos inoperacionais.

Definiu-se como limite de aceitabilidade individual, até ao nível 6, inclusive, uma vez que do 7 ao 10, já existe paragem de todo o processo e destruição de equipamentos, e, nestas circunstâncias, não há produção, portanto não pode ser considerada uma situação aceitável para o cenário de sustentabilidade de uma empresa.

**Tabela 3 – Escala de classificação relativa à gravidade para o processo**

<b>Gravidade - Processo</b>	1	Sem efeitos
	2	Anomalia sem necessidade de ser resolvida
	3	Anomalia local que pode ser resolvida prontamente/oportunamente e não perturba o seguimento do processo/continuidade da operação; Aparelho com alguma anomalia ligeira
	4	Anomalia em vários pontos que pode ser resolvida prontamente/oportunamente e não perturba o seguimento do processo/continuidade da operação; Vários aparelhos com alguma anomalia ligeira
	5	Anomalia local que perturba o restante processo e/ou envolve o reprocessamento/não conformidade do produto em circulação; Paragem de parte da linha processual; Anomalia de resolução demorada de um dado equipamento
	6	Anomalia em vários pontos que perturba o restante processo e/ou envolve o reprocessamento/não conformidade do produto em circulação; Paragem de parte da linha processual; Anomalia de resolução demorada de vários equipamentos; Produto não-conforme
	7	Anomalia local, que pode por, ou não, em risco a segurança da unidade, acarretando paragem imediata
	8	Anomalia em vários pontos, que pode por, ou não, em risco a segurança da unidade, acarretando paragem imediata
	9	Alguns equipamentos destruídos com paragem do processo
	10	Falha completa do processo; Destruição maioritária da unidade

- Gravidade para os trabalhadores – É imprescindível assegurar a plena segurança dos trabalhadores, tendo sido, por isso, considerado o parâmetro da gravidade relativo aos trabalhadores. É certo que existe maior risco por ocasião de paragem ou manutenção, porém, também é relevante enunciar as potenciais falhas que sucedem durante o funcionamento regular, em relação aos trabalhadores.

Para a elaboração da escala, enumeraram-se as lesões mais comuns na Iberol com base no Relatório de Incidentes de Trabalho da Medilabor (empresa externa responsável pela higiene e segurança da Iberol), e agruparam-se as lesões em baixa ou média gravidade e graves. Para este tipo de classificação, recorreu-se à opinião de profissionais de saúde, nomeadamente à enfermeira Marta Matos e ao médico Eloy Cardoso, que prontamente opinaram acerca do grau de gravidade apropriado para cada lesão, convergindo ambos nas suas opiniões.

#### Lesões

**Ligeiras** – Ferida superficial/escoriação/irritação/queimadura de 1º grau

**Médias** – Luxação/entorse/distensão/hematoma traumático/rotura/queimadura de 2º grau/lombalgia

**Graves** – Amputação/queimadura de 3º ou 4º grau/lesão traumática interna/ingestão ou contacto prolongado com substâncias tóxicas em quantidades deletérias

A escala, no seu menor valor, 1, corresponde a um acidente sem quaisquer lesões e para o valor máximo, 10, ao pior dos cenários – morte, seja de um ou mais indivíduos.

Definiu-se que abaixo do valor 6, inclusive, seria aceitável, e acima disso, já seria um panorama de inaceitabilidade, havendo necessidade de implementar ações. No entanto, há que atentar para a complexidade da classificação, dado que, a título exemplificativo, uma simples queda ao nível pode gerar várias lesões quer de baixa gravidade (ferida superficial) quer graves (lesão traumática), dependendo de inúmeras causas, imprevisíveis.

**Tabela 4 – Escala de classificação relativa à gravidade para os trabalhadores**

<b>Gravidade - Trabalhadores</b>	1	Sem lesões
	2	Lesões de baixa gravidade, como por exemplo, um sangramento ou ferida (1 pessoa)
	3	Lesões de baixa gravidade, como por exemplo, um sangramento ou ferida (várias pessoas)
	4	Lesões com média gravidade com períodos de ausência entre 1 e 3 dias (1 pessoa)
	5	Lesões com média gravidade, com períodos de ausência entre 1 e 3 dias (várias pessoas)
	6	Lesões com média gravidade, com períodos de ausência entre 4 e 30 dias (1 pessoa)
	7	Lesões com média gravidade, com períodos de ausência entre 4 e 30 dias (várias pessoas)
	8	Lesões graves, com período de ausência superior a 30 dias (1 pessoa)
	9	Lesões graves, com período de ausência superior a 30 dias (várias pessoas)
	10	Morte

Com o aumento da gravidade das lesões, vem também a distinção do número de pessoas (individual ou várias) afectado pelas mesmas, bem como o período de ausência. O limite de aceitação foi definido com base nos períodos de ausência que as lesões acarretam e no número de trabalhadores afectados, uma vez que uma empresa não pode operar nem com vários trabalhadores com médios períodos de ausência, nem com um ou mais trabalhadores com longos períodos de ausência, e,

claro, a morte também não pode ser admitida, em qualquer circunstância. Assim sendo, o limite de aceitabilidade situa-se entre os níveis 6 e 7.

- Gravidade para o ambiente – Dentro do panorama fabril Iberol, as situações mais significativas a considerar relativamente ao meio ambiente serão essencialmente emissões para o ar, solo ou água, resultantes do processo, ou situações anómalas. Os impactos podem considerar-se pequenos e confinados ou grandes, caso atinjam o exterior, sendo que para cada caso acresce a opção de ser de fácil ou demorada resolução. Desta forma, para mais fácil classificação, a escala apresenta somente 5 níveis, contudo, distribuídos de 1 a 10 tal como as escalas anteriores, de 10 níveis; assim, este parâmetro não perde importância e tem a mesma contribuição que os restantes, sendo que tal não se verificaria se a escala fosse de 1 a 5.

**Tabela 5 – Escala de classificação relativa à gravidade para o ambiente**

<b>Gravidade - Ambiente</b>	1	Sem impacto ambiental
	3	Pequeno impacto, confinado e de fácil resolução
	5	Pequeno impacto, confinado e de resolução dificultada
	7	Grande impacto, atingindo o exterior e de resolução a curto prazo
	10	Grande impacto, atingindo o exterior e de resolução difícil/impossível

Definiram-se como inaceitáveis os grandes impactos que atinjam o exterior, quer tenham uma resolução a curto prazo ou demorada. Abaixo do valor 7, podem ser consideradas situações de aceitabilidade.

Tendo sido estabelecidas as escalas para as três secções de gravidade, a partir dos três valores para cada consequência de falha, predomina o maior valor de entre os três como valor global de gravidade para cada consequência. Considere-se, o exemplo seguinte:

**Tabela 6 – Exemplo de classificação de uma falha**

Falha	Consequências	Gravidade (Processo)	Gravidade (Trabalhadores)	Gravidade (Ambiente)	Gravidade da consequência	Gravidade Total
Crivos colmatados do moinho 3751B	Atascamento do moinho 3751B	5	1	1	5	7
	Incêndio	7	1	1	7	

Para a falha mencionada, têm-se como consequências o atascamento do moinho e uma situação possível de incêndio. No primeiro caso, toma-se como gravidade da consequência o valor 5, uma vez que dos três parâmetros de gravidade é o mais elevado, e para o segundo caso, de incêndio, toma-se como gravidade da consequência o valor 7, pelos mesmos motivos. Já a gravidade total é o maior valor da gravidade da consequência, apresentando, neste caso, o valor 7.

Relativamente ao nível de inaceitabilidade para a gravidade total, este tem início no valor 7, uma vez que se trata do limite individual para os três casos de gravidade, portanto é esse mesmo o valor adoptado como limite no panorama global da gravidade da falha.

### Ocorrência

O parâmetro da ocorrência tem como propósito quantificar a frequência que se prevê que uma dada falha ocorra. É algo relevante para a análise de risco, dado que uma falha, poderá até não apresentar impactos relevantes, mas se ocorrer constantemente, com elevada frequência, deverá ser identificada e ter a devida atenção.

A escala tem início no valor 1, em que a possibilidade de ocorrência é considerada remota, com aumento de frequência até ao valor 10, que corresponde à inexistência de histórico, dado que numa circunstância desconhecida, no caso, por exemplo, na implementação de uma nova tecnologia, é necessário considerar a pior das hipóteses, classificando a ocorrência de falhas com nível 10. Desta maneira, a situação está salvaguardada por excesso de ocorrência, ficando bem assinalada como tal, devendo ter-se especial atenção. Posteriormente, testemunhada a situação pode alterar-se a classificação, já com um histórico autêntico.

**Tabela 7 – Escala de classificação relativa à ocorrência**

<b>Ocorrência</b>	1	Possibilidade remota de ocorrer
	2	Poderá ocorrer raramente mas existem históricos da sua ocorrência (>3)
	3	De 3 em 3 anos
	4	De 2 em 2 anos
	5	Anualmente
	6	Várias vezes por ano
	7	Mensalmente
	8	Semanalmente
	9	Diariamente
	10	Quando não há histórico

Quanto à aceitabilidade, esta é de 1 a 7, inclusive, sendo consideradas inaceitáveis falhas com possibilidade de ocorrência superior a uma vez por mês.

Para a classificação das falhas quanto à ocorrência, recorreu-se inicialmente à opinião dos trabalhadores, que têm a sua percepção dos acontecimentos, e, posteriormente, examinou-se uma base de dados da manutenção – DIMO – que regista essencialmente avarias de equipamentos e sensores. Comparando alguns casos com informações de ambas as fontes, não se verificaram discrepâncias significativas, assumindo-se desta maneira que a experiência dos operadores espelha de forma concordante a realidade da fábrica.

## Detecção

Corresponde ao grau de capacidade de identificação da potencialidade de ocorrência de uma falha, ou da detecção a partir das suas consequências. Geralmente está relacionada com sensores ou com as próprias acções dos operadores.

A escala da detecção apresenta somente 5 níveis para simplificação da classificação das falhas, no entanto vai de 1 a 10, pelas razões já mencionadas para a escala da gravidade para o meio ambiente. A escala funciona inversamente, na medida em que, quanto maior for o grau de detecção real de uma dada falha, menor é o valor correspondente representativo na escala. Parte de um nível 1, em que existe um controlo sistemático de uma dada falha, terminando no nível 10, em que a detecção é impossível.

**Tabela 8 – Escala de classificação relativa à detecção**

Detecção	1	Controlo sistemático sobre uma dada falha
	3	Muito provável que a falha seja detectada
	5	Equiprovável que a falha seja detectada e que não seja
	7	Pouco provável que a falha seja detectada
	10	Impossível detecção

Definiu-se como limite de aceitabilidade o nível 5, inclusive, tornando inaceitáveis os níveis 7 e 10, que representam situações em que a detecção se situa abaixo do equiprovável.

## RPN

Os limites individuais de aceitabilidade referidos acima, alertam para a necessidade de uma acção para os casos em que se verifique valores superiores aos mesmos, no entanto, o agente fundamental do AMFE resulta de um factor global. Do produto dos três parâmetros anteriores resulta o número de prioridade de risco, RPN – Risk Priority Number. Tal como o nome sugere, este valor representa o grau de risco associado a uma dada falha, e, dado que a análise de risco AMFE é efectuada com base nos mesmos métodos e princípios para todas as situações, estes valores são passíveis de ordenação. A partir do RPN, é possível priorizar as falhas, sendo construída uma lista ordenada, que estabelece a ordem de actuação para minimização do risco no processo em estudo. Quanto maior o valor do RPN, maior é a necessidade de proceder, minimizando um dos três parâmetros: gravidade, ocorrência ou detecção.

Pode, no entanto, ser estabelecido, tal como para os limites individuais, um limite de aceitabilidade do RPN, a partir do qual se estabelecem as acções. O limite não deve ser demasiado inclusivo nem

exclusivo, e deve adaptar-se à realidade dos RPNs existentes na análise, por esse motivo é usualmente estabelecido pela direcção e elementos condutores do AMFE.

Considerando o RPN resultante da conjugação dos três limites individuais dos parâmetros, como limite aceitável, o valor dado pela multiplicação ( $7 \times 7 \times 8$ ) originaria um RPN de 392, o que no cenário em questão seria um valor demasiado elevado e exclusivo. Efectuando uma análise qualitativa, é claramente impensável considerar-se somente situações de falha que ultrapassem os limites da gravidade, ocorrência e detecção simultaneamente. Assim, o valor do RPN limite considerado resulta dos três valores médios de cada parâmetro, sendo  $5 \times 5 \times 5$ , gerando um RPN de 125, o que no panorama da análise de risco efectuada já abrange algumas situações.

É preferível que a percentagem de falhas que mereça especial atenção (que excede o RPN) não seja nem demasiado elevada nem baixa, devendo ser suficiente para minimizar significativamente grandes riscos mas não demasiado abrangente que torne a minimização do risco numa tarefa impossível. Há que ter em consideração que a Iberol está a iniciar agora a implementação de sistemas de gestão de risco, existindo a necessidade de balizar os casos que requerem acções a curto e médio prazo. Saliente-se que após uma primeira análise e implementação das acções definidas, poderá ser efectuada uma nova avaliação onde se diminua o valor do RPN definido.

Deve ter-se em mente que o cenário em estudo é de uma unidade fabril, cujas medidas a implementar não deverão ser inviáveis em termos económicos. Deverão ser ajustadas e planeadas de acordo com um calendário exequível, criando-se, por vezes, medidas de minimização intermédias, até à implementação da medida definitiva, reduzindo-se assim o RPN até um valor aceitável.

## **Aplicação do Método**

Para proceder à avaliação, é essencial recolher toda a informação disponível sobre o processo, bem como aferir quais as falhas possíveis no decorrer do processo de produção, a sua susceptibilidade de ocorrência e detecção possível. Após todos os dados recolhidos, a classificação dos parâmetros é exequível, bem como o posterior cálculo do RPN. Note-se a importância da clara justificação da atribuição dos níveis dos parâmetros, uma vez que o método por si mesmo já é subjectivo.

O parâmetro da ocorrência não irá ser discutido nos comentários das tabelas, uma vez que surge de dados dos operadores e de informação em bases de dados do departamento da manutenção, não apresentando grande subjectividade. De notar que se considerou um valor médio igual para a probabilidade de falha para cada tipo de sensor, sendo que este apresentava o mesmo valor na escala de ocorrência para todos os tipos de sensor, à excepção dos sensores de pressão, que têm uma probabilidade de ocorrência de falha inferior aos restantes.

### **Transporte, armazenamento e pré-limpeza da semente**

#### ***Transporte Por Via Fluvial***

**Tabela 9 – AMFE aplicado ao transporte por via fluvial**

<b>Operação</b>	<b>Potenciais falhas</b>	<b>Potenciais efeitos das falhas</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Detecção</b>	<b>RPN</b>
Transporte por via fluvial	Abertura dificultada do batelão	Maior tempo gasto	3	6	3	54
	Mau tempo	Colza e soja adquirem humidade	3	6	3	54
		Tempo de espera necessário até o mau tempo passar				
	Avaria da grua	Paragem no abastecimento batelão-camião	3	6	3	54
	Maré - baixa	Barco fica preso no lodo	3	2	1	6
	Camião pára a atravessar a linha férrea	Embate do comboio e do camião	3	2	1	6

A recepção da matéria-prima pode ser efectuada por via marítima, através do cais no rio Tejo, pertencente à Iberol. Neste caso, a semente é descarregada do batelão para um camião, para que seja pesado na báscula, como consta no processo de pesagem regular no caso do transporte rodoviário.

Este procedimento necessita de especial atenção, uma vez que não poderá ser efectuado em alturas de maré-baixa, devido à possibilidade de atascamento do barco, embora seja simples evitar estas situações porque os horários das marés são inalteráveis. Também em alturas de mau tempo em que a pluviosidade faz aumentar a humidade da semente, a descarga não pode ocorrer, uma vez que, caso a semente seja atingida pela água da chuva, ao ser armazenada, poderá iniciar mais rapidamente um processo de fermentação, e, nestes casos, a semente tem que imediatamente dar entrada ao processo de preparação, não podendo ser armazenada durante algum tempo, como

acontece com a restante matéria-prima isenta de humidade. É, no entanto, previsível, através de dados meteorológicos, esta situação, com relativa fidelidade, podendo ser evitada a humedificação da semente.

Um equipamento fundamental no carregamento do camião é a grua, reservada a uma empresa externa, que se torna responsável pelas suas condições de funcionamento, sendo bastante provável que se verifique caso não esteja operacional.

Em caso de avaria da grua, dificuldade na abertura do batelão, mau tempo ou maré-baixa há sempre perdas de tempo na descarga do batelão, que têm que ser registadas, dado que se reflectem no panorama económico da empresa.

Outro aspecto relevante no transporte por via marítima é o facto de, entre o cais e a fábrica, se encontrar uma linha férrea – a linha do Norte – onde circulam os comboios da CP de trajecto de passageiros, com regularidade. O camião carregado de semente necessita de atravessar a linha, para o perímetro fabril, e, embora exista um responsável pela sinalização ao condutor e permissão para avançar na sua passagem, esta acção acarreta risco de acidente gravoso, no choque do camião/comboio, caso o camião fique retido na linha.

De ressaltar que caso uma situação deste tipo ocorra, o responsável da linha terá que informar a estação ferroviária de Alhandra, que, por sua vez, fará o alerta aos comboios que circulam na linha em questão. O local de passagem do camião situa-se num local em que o trajecto tem boa visibilidade por parte do maquinista, para que possa avistar uma obstrução da linha férrea e tenha margem para abrandar e parar, e o motorista só atravessa a linha aquando da indicação do responsável da linha férrea. Nestes trâmites, o condutor tem tempo para evacuar o veículo, havendo somente a possibilidade de embate entre o camião e o comboio, não sendo admitida a possibilidade de danos no condutor. Quanto à detecção, quer o condutor, quer o responsável da linha verificam de imediato a paragem do camião.

### ***Pesagem na Bâscula***

**Tabela 10 – AMFE aplicado ao processo de pesagem na bscula**

<b>Operação</b>	<b>Potenciais falhas</b>	<b>Potenciais efeitos das falhas</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Detecção</b>	<b>RPN</b>
Pesagem na Bscula	Falha da UPS na bscula	Balança não funcionar	3	3	1	9
		Computadores não funcionarem				
		Camiões impossibilitados				

		de darem entrada na fábrica				
	Balança danificada	Pesagem ser feita na outra balança				
		Camiões impossibilitados de darem entrada na fábrica	3	4	5	60
	Falha informática	Camião pesado é retido à frente				
		Impossibilidade de verificar as encomendas	3	5	3	45
	Falha na documentação/sistema	Camião retido à entrada.	3	3	3	27

O processo de pesagem da semente que dá entrada na fábrica é essencial na medida em que confere a conformidade da encomenda efectuada e controla o inventário existente armazenado de matéria-prima. A balança é no entanto utilizada para outros fins que não sejam matérias-primas, como sendo os bagaços produzidos, ou outros produtos recebidos – controlo de stocks.

A compra da semente é feita pelo departamento de *Trading*, que assegura a melhor relação qualidade/preço do lote, sendo que as encomendas ficam registadas numa plataforma informática. É aqui que os responsáveis pela balança verificam os detalhes da encomenda e dão permissão para a entrada dos camiões na unidade. Também existe uma balança ferroviária para o transporte ferroviário, sem necessidade de transposição da semente para camiões.

Na zona de entrada da Iberol existe uma balança de entrada e uma outra de saída, de modo a que o camião seja pesado quando entra, completamente carregado, e seja novamente pesado à saída, já descarregado, sendo obtida pela diferença das pesagens a quantidade de semente depositada na unidade.

A pesagem na balança pode ser dificultada em termos de impossibilidade de verificação de encomendas, no caso de uma falha informática, ou um registo falhado no sistema. Neste caso, o departamento de logística deverá intervir no sentido de verificar os seus registos e a confirmar a recepção da semente, podendo assim o camião dar entrada na fábrica. São falhas significativas uma vez que o controlo das quantidades descarregadas são cruciais para o processo.

As balanças são electrónicas, logo, na ocorrência de uma falha de electricidade, apenas é garantido o seu funcionamento durante tempo limitado reduzido, através de uma UPS – Uninterruptible Power Supply, que nessa situação também serve de fonte aos computadores. A UPS é activada assim que um corte de electricidade ocorra, mas efectivamente pode falhar, e, nesta situação, a detecção é imediata, deixando de funcionar os computadores, a balança, não existindo possibilidade dos camiões darem entrada na fábrica.

Caso haja alguma avaria na balança que impossibilite a operação de pesagem, antes do camião se posicionar na báscula, o mostrador da balança apresenta valores abaixo de zero, revelando um problema no equipamento, somente detectado pelos responsáveis nos intervalos das pesagens, sendo considerada uma detecção equiprovável.

### **Descarga**

**Tabela 11- AMFE aplicado à descarga da semente**

<b>Operação</b>	<b>Potenciais falhas</b>	<b>Potenciais efeitos das falhas</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Detecção</b>	<b>RPN</b>
Descarga	Tegão ferroviário avariado	Semente não pode ser descarregada	3	7	5	105
	Rotura na caixa do camião	Perda de produto	3	2	3	18
		Semente de colza - pode originar escorregamento devido ao óleo				
		Semente de soja - pode originar queda com o rolamento da semente				
		Propagação de OGM - organismos geneticamente modificados				
	Elevado teor de poeiras liberto na atmosfera aquando da descarga de casca	Exposição dos trabalhadores às poeiras	3	8	3	72
Concentração de partículas na atmosfera						

A semente pode ser descarregada em dois tegões distintos, um exclusivamente rodoviário, situado no meio da unidade fabril, e um outro que pode receber semente via ferroviária ou rodoviária, que se localiza junto ao ramal ferroviário da Iberol.

Antes da descarga no tegão, o camião pode sofrer uma rotura na sua caixa, por desgaste, ligeiro embate, ou por outros motivos. Nesta situação, parte da semente cairá para o solo, havendo portanto perdas monetárias associadas, embora se tenham considerado pouco significativas, uma vez que é possível apanhar a semente e recuperá-la. Estes casos são considerados de fácil detecção.

Para além desse inconveniente, existem ainda outros riscos associados, nomeadamente para os trabalhadores, dado que a semente de colza apresenta um teor oleico bastante elevado, facilitando quedas ao nível por escorregamento, e a soja, por outro lado, sendo uma semente maior e mais rígida, pode causar quedas por rolamento da semente. Para este tipo de quedas, considerou-se a ocorrência de gerar lesões de baixa gravidade atingindo diversas pessoas – nível 3.

Outro cenário que poderá ocorrer derivado da rotura da caixa que contém as sementes é a propagação de OGM's, não só dentro da unidade, mas para o meio circundante. Uma vez que as sementes recepcionadas como matérias-primas são geneticamente modificadas para optimização da sua produção e propriedades específicas, caso existissem, na biodiversidade da Iberol e dos terrenos envolventes, plantas de soja e colza, o cruzamento de ambas poderia proliferar características diferentes das sementes oriundas da área. Este risco é minorado pelo facto de não existirem plantas de soja e colza na zona onde está inserida a unidade, sendo que os organismos que possam subsistir acabam por morrer sem haver reprodução, uma vez que são estéreis.

Tendo em conta a estrutura e modo de funcionamento do tegão ferroviário, existe uma maior probabilidade de avaria que impossibilitará a descarga da semente. Nesta situação considerou-se uma detecção equiprovável, não sendo a sua detecção imediata.

Na descarga de casca e semente, é bastante recorrente a libertação de um elevado teor de poeiras na atmosfera, e, uma vez que a visibilidade no local fica até dificultada, é considerada a possibilidade de lesão de baixa gravidade para várias pessoas, enquanto que para o meio ambiente também é um impacto, embora pequeno e de resolução fácil.

### ***Considerações Gerais no Transporte Por Via Marítima, na Pesagem na Báscula e na Descarga***

Nas primeiras três subdivisões para a análise de risco foram admitidos alguns pressupostos.

As encomendas feitas pelo departamento de *Trading* estão de acordo com as necessidades de produção em termos quantitativos e qualitativos, tendo em atenção a tonelagem de semente requerida e o tipo de semente processada agendada, se colza ou soja. Deste modo, considerou-se que existe sempre stock suficiente de material, distribuído pelos 38 silos disponíveis.

Caso exista alguma falha que impossibilite desde a recepção da semente até à descarga da mesma subentende-se que não irá perturbar o processo significativamente, dado que, mesmo nessas circunstâncias, há stock que garante o seguimento da produção. Estas situações têm gravidade para o processo de classificação 3 porque não perturbam o seguimento do processo. Presume-se que serão sempre resolvidas antes da necessidade de reposição de stock.

**Armazenagem no silo da casca e nos silos mistos**

**Tabela 12 – AMFE aplicado ao armazenamento de material no silo da casca e sementes estranhas**

Operação	Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Armazenagem no silo da casca e de sementes estranhas 5730A	Atascamento/Paragem da nora TR1 A	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Fricção como fonte de ignição na nora TR1A	Incêndio confinado	7	1	3	21
	Atascamento/Paragem do TR1 D	Paragem do equipamento	5	7	3	105
Avaria do motor						
Quebra da corrente de transmissão do motor						
Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador						
Paragem da nora TR1 A por						

		encravamento				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TR1D	Incêndio confinado	9	1	5	45
	Atascamento/Paragem do TH 1	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem da nora TR1 D e TR1 A por encravamento				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TH 1	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem da nora TH 2	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes				
		Não há alimentação de casca ao processo				
	Fricção como fonte de ignição na nora TH2	Incêndio confinado	7	1	3	21

Tabela 13 – AMFE aplicado ao armazenamento de semente nos silos mistos

Operação	Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Armazenagem nos silos mistos	Atascamento/Paragem da nora TR1 A (Percurso 1/2 do tegão até RG 4A)	Paragem do equipamento.	3	7	3	63
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes				
	Fricção como fonte de ignição na nora TR1A	Incêndio confinado	7	1	3	21
	Atascamento/Paragem do TR1 (Percurso 1/2 do tegão até RG 4A)	Paragem do equipamento.	3	7	3	63
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem da nora TR1 A por encravamento				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TR1	Incêndio confinado	9	1	3	27	
Atascamento/Paragem do RG 4A	Paragem do equipamento	5	7	3	105	
	Avaria do motor					

		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem do TR1 e da nora TR1 A por encravamento				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 4A	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem do TR1 B (Percurso 2/2 do tegão até RG 4A)	Paragem do equipamento	3	7	3	63
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem de descarregamento do tegão				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TR1B	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem da nora TR1 C (Percurso 2/2 do tegão até RG 4A)	Paragem do equipamento	3	7	3	63
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da				

		correia da nora que suporta os alcatruzes				
		Paragem do TR1 B por encravamento				
	Fricção como fonte de ignição na nora TR1C	Incêndio confinado	7	1	3	21
	Atascamento/Paragem do RG 3	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem do RG 4A, TR1 e da nora TR1A por encravamento				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 3	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem do RG 4	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem do RG 3, RG 4A, TR1 e da nora TR1 A por				

		encravamento				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 4	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem da nora NG 1	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes				
	Fricção como fonte de ignição na nora NG 1	Incêndio confinado	7	1	3	21
	Atascamento/Paragem do RG 5	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem da nora NG 1 por autómato				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 5	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem do RG 6	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da				

		corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem da nora NG 1 por automático				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 6	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem do RF 8	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem para trás até à nora NG 1 por automático				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RF 8	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem do RF 11	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
		Paragem para trás até à nora NG 1 por automático				

	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RF 11	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem de <i>redlers</i> que alimentam os silos	Paragem do equipamento	5	7	3	105
		Avaria do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
		Paragem para trás até à nora NG 1 por automático.				
	Fricção como fonte de ignição nos <i>redlers</i> que alimentam os silos	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Subida da temperatura	Subida de temperatura das sementes	3	5	3	45
	Rotura no fundo dos silos	Queda da semente para o chão	3	1	7	21
	Raseira não funcionar	Semente não é descarregada para silo pretendido ou para o processo	5	5	3	75

O bloco silar que sustenta a armazenagem das sementes deverá respeitar determinadas condições ideais de armazenagem, de forma a manter as características da semente. Nomeadamente, a nível da temperatura, uma vez que as sementes de oleaginosas podem iniciar o processo de fermentação caso as condições sejam propícias (condições de temperaturas mais altas).

O controlo de temperatura dos silos é feito e registado diariamente por um responsável, através de seis sensores nos silos 37 e 38 e cinco sensores nos restantes silos. Caso se verifique um aumento

significativo da temperatura, o operador deverá optar por: arrefecer o material, recirculando-o, para o mesmo silo ou para um silo diferente, ou as sementes podem entrar imediatamente no processo.

Tendo em conta que o fundo dos silos são de aço, é possível que exista alguma possibilidade de rotura na sua base, essencialmente por desgaste do material, sendo que, neste caso, a única forma de prevenção será a verificação periódica do estado do material e reparações em zonas fragilizadas. As consequências de uma rotura serão de baixa gravidade para o processo, dado que a queda da semente para o chão não é significativa. Deverão, contudo, ser consideradas lesões de baixa gravidade que poderão atingir vários trabalhadores, numa situação de queda da semente inesperadamente sobre os mesmos.

### **Coluna de máquinas**

Antes da semente dar entrada na preparação, sofre um processo de pré-limpeza, no bloco silar.

**Tabela 14 – AMFE aplicado ao processo de pré-limpeza da semente**

<b>Operação</b>	<b>Potenciais falhas</b>	<b>Potenciais efeitos das falhas</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Detecção</b>	<b>RPN</b>
Coluna de máquinas	Atascamento/Paragem do RG 7	Paragem do equipamento.	7	7	3	147
		Rotura do motor.				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
		Paragem para trás até à nora NG 1 por automático.				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 7	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem da nora NG 2		Paragem do equipamento.	7	7	3	147
		Rotura do motor.				
		Quebra da corrente de transmissão do				

		motor				
		Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes.				
		Paragem para trás até à nora NG 1 por autómato.				
Fricção como fonte de ignição na nora NG 2		Incêndio confinado	7	1	3	21
Falha do sensor de nível alto da tremonha do peneiro		Sobrecarga da tremonha do peneiro	5	6	3	90
		Atascamento do RG7				
Falha da paragem do RG 7 (acção associada ao nível alto da tremonha do peneiro)		Sobrecarga da tremonha do peneiro	5	6	3	90
		Atascamento do RG7				
Falha do sensor de nível baixo da tremonha do peneiro		Peneiro trabalha em vazio/com pouco material	2	6	5	60
Falha da redução da velocidade do alimentador do peneiro (acção associada ao nível baixo da tremonha do peneiro)		Peneiro trabalha em vazio/com pouco material	2	6	5	60
Peneiro com filtros colmatados		Semente não consegue atravessar o peneiro, acumulando-se.	5	7	5	175
Falha do sensor de nível alto da tremonha do moinho		Sobrecarga da tremonha do moinho	5	6	3	90
		Atascamento a				0

		montante do moinho				
Falha da paragem do RG 7 (acção associada ao nível alto da tremonha do moinho)	Sobrecarga da tremonha do moinho	5	6	3	90	
	Atascamento a montante do moinho				0	
Falha do sensor de nível baixo da tremonha do moinho	Moinho trabalha em vazio/com pouco material	2	6	5	60	
Geração de faíscas no moinho de martelos	Incêndio no moinho de martelos/Incêndio na caixa de matérias ferrosas do moinho de martelos	3	4	1	12	
Aspiração ineficaz	Colmatação da tubagem	3	5	7	105	
Colmatação do magnético do moinho de martelos	Geração de faíscas	3	6	3	54	
Entupimento do canal de envio da casca	Acumulação de casca na tubagem	5	6	3	90	
Falha do sensor de amperagem nos motores	Sobrecarga e consequente avaria do motor	5	6	3	90	
Falha eléctrica	Descarga eléctrica	5	3	3	45	
Atascamento/Paragem do RG 9	Paragem do equipamento.	7	7	3	147	
	Rotura do motor.					
	Quebra da corrente de transmissão do motor					
	Quebra da corrente do <i>redler</i>					

		transportador.				
		Pára tudo até à nora NG2				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 9	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem do RG 10	Paragem do equipamento.	7	7	3	147
		Rotura do motor				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
		Pára tudo até à nora NG2				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 10	Incêndio confinado	9	1	3	27
	Atascamento/Paragem do RG 11	Paragem do equipamento.	7	7	3	147
		Rotura do motor.				
		Quebra da corrente de transmissão do motor				
		Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
		Pára tudo até à nora NG2				
	Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 11	Incêndio confinado	9	1	3	27

A pré-limpeza tem início na peneiração, em que o material dá entrada no peneiro através de uma tremonha, controlada por sensores de nível baixo e alto, que, quando activados, promovem a redução da velocidade do motor e a paragem dos equipamentos anteriores, respectivamente.

Caso falhem os sensores, ou as próprias acções associadas aos mesmos, a tremonha fica sobrecarregada ou subcarregada, levando a possíveis situações de entupimento do peneiro ou do seu funcionamento em vazio. O caso do entupimento é de gravidade superior, podendo atascar o alimentador a montante, RG7, mas a detecção apresenta maior valor para o caso da tremonha ficar subcarregada, logo é mais difícil a detecção da falha.

O peneiro é composto por dois blocos de crivos independentes, cada um com três crivos: o primeiro tem uma malha fina, em que ficam retidas as sementes e passam as matérias mais finas, já o segundo e terceiro crivos têm malhas mais largas, passando a semente e ficando retidos os materiais maiores. Assim sendo, uma das falhas mais comuns neste equipamento é a colmatação dos crivos, impedindo a correcta separação dos sólidos e originando a sua acumulação, sendo esta situação de gravidade 5. A detecção é feita pelos operadores da preparação/extracção quando atendem ao local, não estando oficializado o procedimento.

O peneiro possui ainda um sistema de segurança para os trabalhadores, uma vez que o seu funcionamento só é possível caso as portas do lado do motor estejam fechadas, prevenindo assim possíveis lesões para os trabalhadores por embate num equipamento com algum grau de agitação.

As denominadas cascas (partículas retiradas que não sejam sementes) passam para o moinho de martelos, através de uma tremonha. À semelhança da tremonha do peneiro, a do moinho também possui dois sensores de nível: baixo e alto, cujas acções associadas quando activados são a redução da velocidade do motor do moinho e a paragem do alimentador RG7, respectivamente, sendo a avaliação semelhante à tremonha do peneiro descrita acima.

O moinho encontra-se equipado com um magneto para reter quaisquer materiais ferrosos, de forma a evitar que sigam no processo, bem como evitar fricções que possam originar faíscas, criando assim possíveis fontes de ignição.

No caso de existir a formação de uma fonte de ignição, por colmatação do magneto ou qualquer outra razão, existe um sistema de detecção e extinção de incêndios, composto por sensor e botijas de CO<sub>2</sub>, estando assegurada a não ocorrência de incêndio uma vez que, nestas condições, o sistema existente assegura a sua extinção.

A casca, após moída, é enviada para o silo respectivo, através de uma tubagem e um sistema de ar comprimido que impele velocidade ao material – transporte pneumático. No caso de a tubagem ficar obstruída, o transporte não ocorre e dá-se a acumulação de material, falha facilmente detectada dado que a tubagem tem zonas transparentes visíveis da passagem de casca, existindo adicionalmente instalado um sensor de pressão.

A aspiração na linha pode ser ineficaz, aquando a colmatação da tubagem, sendo que a gravidade não é significativa (3) mas a detecção apresenta nível 7, uma vez que esta falha só é detectada por verificação da saída do ventilador.

Preparação

**Full - Fat**

**Tabela 15 – AMFE aplicado ao processo de produção do Full-Fat**

Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Atascamento/Paragem do TR 12	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao silo 1				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TR 12	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TR 13	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao silo				

	1				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TR 13	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem da nora TR 14	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Pára tudo para trás até ao silo 1				
Fricção como fonte de ignição na nora TR 14	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TR 15	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao silo 1				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TR 15	Incêndio confinado	9	1	3	27
Crivos do moinho de martelos ligeiramente gastos	Semente demasiado pequena atravessa os crivos mais	3	6	3	54

	desgastados sem que seja partida				
Abertura do moinho de martelos em funcionamento	Projecção de semente a alta velocidade	3	2	5	30
Atascamento/Paragem do TP 53	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao silo 1				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 53	Incêndio confinado	9	1	3	27
Grão apresenta muita casca	Temperatura no expander 760/1 aumenta	3	6	3	54
Falha do sensor de temperatura do expander	Temperatura demasiado elevada - sobrecozimento do <i>full-fat</i> - produto não conforme	5	7	1	35
	Temperatura demasiado baixa - subcozimento do <i>full-fat</i> - produto não conforme				
Falha do sensor de	Linha obstruída	5	6	3	90

nível alto do Silo Pulmão 730 C	a montante do silo pulmão				
Falha da paragem da alimentação do grão (acção associada ao nível alto do Silo Pulmão 730 C)	Linha obstruída a montante do silo pulmão	5	6	3	90
Atascamento/Paragem do TR 16	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao silo 1				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TR 16	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem da nora TP 8	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Pára tudo para trás até ao silo 1				
Fricção como fonte de ignição na nora TP 8	Incêndio confinado	9	1	3	21
Atascamento/Paragem	Paragem do	7	7	3	147

do TP 6	equipamento				
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao silo 1				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 6	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TR 17	Paragem do equipamento				
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor	7	7	3	147
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás até ao silo 1				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TR 17	Incêndio confinado	9	1	3	27
Falha do sensor de nível alto do secador 713.1	<i>Full-fat</i> com mais humidade	5	5	5	125
	Atascamento do secador				
Falha da paragem para trás (acção associada ao sensor de nível alto do secador 713.1)	Full-fat com mais humidade	5	5	5	125
	Atascamento do secador				
Conduta de aspiração	Humidade do	5	6	5	150

do secador 713/1 obstruída	<i>full-fat</i> mais elevada				
Bandejas do secador partem-se ou soltam-se	Sólidos com mais humidade	9	6	7	378
	Contacto da peça metálica com <i>redlers</i> provocando fonte de ignição				
Atascamento/Paragem da nora TP 55	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Pára tudo para trás até ao expandir				
Fricção como fonte de ignição na nora TP 55	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 56	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao expandir				
Fricção como fonte de	Incêndio	9	1	3	27

ignição no <i>redler</i> TP 56	confinado				
Atascamento/Paragem do TP 57	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao expander				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 57	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TR 7	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao expander				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TR 7	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 7	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				

	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás até ao expander				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 7	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 8	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao expander				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 8	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 9	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás até ao expander				
Fricção como fonte de	Incêndio	9	1	5	45

ignição no <i>redler</i> TF 9	confinado				
Raseira para armazém velho não funciona	Impossibilidade de depositar <i>full-fat</i> no sítio pretendido	4	6	3	72
Poeiras acumuladas no ar	Exposição dos trabalhadores às poeiras	3	7	5	105
Rotura no fundo da chapa dos equipamentos	Queda da semente para o chão	3	1	5	15
Rotura no fundo da chapa dos silos A e B	Queda da semente para o chão	3	1	5	15
Falha do sensor de amperagem dos motores	Sobrecarga e consequente danificação ligeira do motor devido à protecção por fusível mecânico	5	6	1	30
Falha eléctrica	Descarga eléctrica	5	3	3	45

A produção de *full-fat* requer semente de soja como matéria-prima e esta inicia a sua transformação quando é partida no moinho de martelos, sendo que este pode apresentar diversas falhas, nomeadamente o desgaste dos seus crivos e a porta estar aberta durante seu o funcionamento. No primeiro caso, a semente atravessa os crivos e não é partida, sendo a situação detectada pela verificação do estado da semente à saída do moinho. Na situação da porta aberta, a semente é projectada a alta velocidade, podendo atingir trabalhadores e provocar lesões, tendo sido consideradas de baixa gravidade e a detecção é visual somente. Ambas apresentam uma gravidade 3, não perturbando significativamente o processo e provocando escassos danos quanto aos trabalhadores.

Segue-se a passagem pelo *expander* em que a temperatura poderá aumentar devido ao elevado teor de casca no grão ou à falha dos sensores de temperatura do equipamento, podendo provocar um sobre cozimento do *full-fat*. Também por falha dos sensores de temperatura, pode ter-se sub cozimento do *full-fat*, sendo que qualquer um dos casos vai influenciar a conformidade do produto,

apresentando gravidade significativa – 5. Caso exista demasiada casca, a temperatura no *expander* aumenta, e caso os sensores de pressão não estejam operacionais, a falha é dificilmente detectada.

Por questões de segurança, existe um silo pulmão capaz de armazenar algum material após este sair do *expander*, equipado com um sensor de nível alto que, caso falhe, obstrói a linha a montante e caso a acção associada ao sensor (paragem da alimentação) não seja actuada, as consequências são semelhantes. A detecção em ambos os casos é feita pelo atascamento do TP 53.

Por fim, o *full-fat* passa por um secador, para retirar a maior parte da humidade, que tem sensor de nível alto com acção associada de paragem dos equipamentos a montante. Na falha do sensor ou do actuador, o secador atasca e a secagem é menos eficiente, sendo ambas as situações consideradas de gravidade 5 para o processo e a detecção é efectuada pela queda de material para o chão da instalação. Também no secador, a tubagem da aspiração poderá ficar obstruída, e também constitui uma gravidade de valor 5, devido à possível inconformidade do produto. A detecção é visual, feita pelos operadores, caso verifiquem a saída do ventilador. Por outro lado, o secador suporta o material em bandejas metálicas, que se podem soltar ou partir, prejudicando a etapa da secagem e potenciando geração de faíscas, consequentemente incêndios confinados nos transportados seguintes. A bandeja fica sempre retida na válvula rotativa VR8A, nunca havendo o risco de entrar no extractor, no entanto, para que a bandeja seja retirada caso esteja a obstruir um certo ponto é necessário paragem. A situação é detectada em caso de observação do secador ou atascamento de um local a jusante, tendo sido atribuído o nível 7.

O armazenamento do *full-fat*, poderá ser efectuada no armazém 1, ou para os silos de *full-fat* 730 A ou B. Caso alguma raseira no armazém 1 não esteja operacional, o material poderá não ser depositado no sítio pretendido mas a curto prazo a situação não é gravosa, podendo armazenar-se noutra local, no mesmo armazém.

## Soja

**Tabela 16 – AMFE aplicado ao processo de preparação da semente de soja**

Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Atascamento/Paragem do RG 12	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i>				

	transportador				
	Pára tudo para trás até ao RG 7				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> RG 12	Incêndio confinado	9	1	3	27
Trituradores em funcionamento com a porta aberta	Semente é projectada para fora do equipamento	3	2	3	18
Falha do sensor de amperagem dos trituradores	Rolos dos trituradores mal ajustados	4	6	5	120
	Trituradores em sobrecarga				
Falha da paragem para trás (acção associada ao sensor de amperagem dos trituradores)	Trituradores em sobrecarga	4	6	5	120
Geração de faíscas no contacto entre rolos ou entre material ferroso e rolo	Foco de incêndio	5	2	5	50
Atascamento/Paragem do TP1	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem da nora TP2	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Rotura do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição na nora TP2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP3	Paragem do	7	7	3	147

	equipamento				
	Avaria do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP3	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP4	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP4	Incêndio confinado	9	1	3	27
Falha no sensor de amperagem dos condicionadores	Sobrecarga dos condicionadores	4	6	3	72
Falha no sensor de nível no último piso dos condicionadores	Sobrecarga dos condicionadores	4	6	3	72
Falha da abertura adequada das raseiras que dão entrada de material nos condicionadores	Sobrecarga dos condicionadores	4	6	3	72
Tubagens da aspiração obstruídas	Aspiração insuficiente nos condicionadores ao trabalhar com soja	3	6	7	126
Ventilador inoperacional	Maior humidade nas sementes	3	5	7	105
Falha dos sensores de temperatura nos condicionadores	Distribuição inadequada do material pelos condicionadores, não optimizada	7	6	3	126
	Formação de chama				
Atascamento/Paragem do TP5	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP5	Incêndio confinado	9	1	3	27
Objectos volumosos e de elevada dureza dão entrada nos	Actuação do fusível mecânico	4	6	1	24

laminadores					
Falha dos sensores de amperagem dos laminadores	Sobrecarga dos laminadores	4	6	5	120
Atascamento/Paragem do TP50	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP50	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP51	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP51	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP52	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP52	Incêndio confinado	9	1	3	27
Falha dos sensores de temperatura no expander 760/3	Temperatura muito elevada no expander 760/3 - possível incêndio	7	6	3	126
	Temperatura muito baixa no expander 760/3 - sólidos com maior humidade				
Falha do sensor de amperagem do expander 760/3	Sobrecarga do expander 760/3	3	6	3	54
Falha do sensor de nível alto do secador 713.2	Sólidos com mais humidade	5	6	5	150
	Atascamento do secador				
Falha da paragem para trás (acção associada ao sensor de nível alto)	Sólidos com mais humidade	5	6	5	150

do secador 713.2)	Atascamento do secador				
Bandejas do secador partem-se ou soltam-se	Sólidos com mais humidade	9	6	7	378
	Contacto da peça metálica com <i>redlers</i> provocando fonte de ignição				
Conduta de aspiração do secador 713.2 obstruída	Sólidos com mais humidade	3	6	5	90
Atascamento/Paragem do R1	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do R3	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R3	Incêndio confinado	9	1	3	27
Falha do sensor de amperagem dos motores	Sobrecarga e consequente danificação ligeira do motor devido à protecção por fusível mecânico	5	6	1	30
Falha eléctrica	Descarga eléctrica	5	3	3	45

Após a pré-limpeza, a semente entra na preparação, iniciando o processo nos trituradores. Estes equipamentos não têm qualquer mecanismo de segurança de fecho obrigatório das portas em funcionamento, portanto a abertura das mesmas constitui uma falha relevante, podendo atingir os trabalhadores e causar lesões de baixa gravidade. É detectada pela projecção da semente para o chão. Para salvaguardar a eficiência da operação de trituração, os trituradores estão equipados com sensores de amperagem, que, em sobrecarga, accionam a paragem dos equipamentos anteriores. Caso qualquer uma destas situações falhe, o motor fica em esforço, podendo atascar a montante, sendo este meio de detecção equiprovável, de nível 5.

Sendo os trituradores equipamentos compostos pela compressão da semente entre dois conjuntos de rolos metálicos, estes são sujeitos a fricção, quer seja entre eles ou entre matérias ferrosas que possam existir (embora sejam equipamentos equipados com magnéticos). Em todo o caso, um foco de incêndio é um caso a considerar, apresentando gravidade 5, uma vez que caso aconteça a um triturador, o processo não necessita de paragem significativa, havendo outros trituradores disponíveis para o efeito.

Segue-se o condicionamento, que confere maleabilidade à semente já partida. Os condicionadores possuem sensores de nível, sendo que o mais relevante é o sensor de nível do último piso, permitindo aferir a necessidade de reduzir ou aumentar a alimentação ao equipamento. Caso o último sensor falhe, pode haver uma sobrecarga dos condicionadores e conseqüentemente um condicionamento deficiente. Esta falha pode ser detectada pelo aumento da amperagem do motor do condicionador. As raseiras de entrada do material nos condicionadores podem não abrir correctamente, originando as mesmas conseqüências referidas para a falha do sensor de nível, sendo esta falha detectada pelo sensor de nível alto do último piso.

Sendo uma das variáveis a controlar mais importantes nos condicionadores, caso existam falhas nos sensores de temperatura, o condicionamento não é optimizado e poderá haver risco de formação de chama. A ocorrer, será um incêndio de curta duração uma vez que os equipamentos admitem vapor directo, que acaba por saturar a atmosfera do seu interior.

Uma vez que há injeção de vapor, existe um sistema de aspiração aos condicionadores, que pode falhar devido ao próprio ventilador ou à obstrução das tubagens de aspiração. São falhas que impossibilitam a retirada de humidade dos sólidos, mas que não prejudicam significativamente o processo, tendo uma detecção difícil, somente por apalpação da tubagem (deverá estar quente numa aspiração eficiente) e verificação da saída do ventilador.

A terceira operação, a laminagem, dá-se pela acção de dois rolos compressores, cuja eficiência depende da maleabilidade da semente, após o condicionamento. A falha mais relevante está relacionada com objectos volumosos e de elevada dureza que podem dar entrada nos laminadores, sendo que neste caso, o motor dos equipamentos está protegido por acção de um fusível mecânico, que impede o sobre-esforço e eventual rotura do motor. Após a actuação do fusível, é necessária intervenção por parte da manutenção, mas em termos processuais esta situação não é gravosa uma vez que existem vários laminadores disponíveis.

A penúltima etapa no sector da preparação, no caso da semente de soja, acontece nos *expanders*, em que os sólidos são sujeitos a elevada pressão e temperatura. O vapor responsável pelo aumento de temperatura é admitido manualmente, logo a falha dos sensores de temperatura é uma falha relevante, podendo originar temperaturas demasiado baixas ou demasiado altas, sendo que neste caso deve ser admitida a possibilidade de incêndio, cuja gravidade para o processo apresenta nível 7, implicando paragem de processo.

A última etapa, a secagem, acarreta falhas na ordem das já referidas no secador do *full-fat*.

**Colza**

**Tabela 17 - AMFE aplicado ao processo de preparação da semente de colza**

Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Atascamento/Paragem do TP 5	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 5	Incêndio confinado	9	1	3	27
Objectos volumosos e de elevada dureza dão entrada nos laminadores	Actuação do fusível mecânico	4	6	1	24
Falha dos sensores de amperagem dos laminadores	Sobrecarga dos laminadores	4	6	5	120
Atascamento/Paragem do TP 50	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 50	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 51	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				

Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 51	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 52	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
Pára tudo para trás					
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 52	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 4/2	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
Pára tudo para trás					
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 4/2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem da nora EL 2	Paragem do equipamento.	7	7	3	147
	Rotura do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes				
Para tudo para trás					
Fricção como fonte de ignição da nora EL 2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 4/1	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
Quebra da corrente do <i>redler</i>					

	transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 4/1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 4/3	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 4/3	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 4/A	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 4/A	Incêndio confinado	9	1	3	27
Falha no sensor de amperagem dos condicionadores	Sobrecarga dos condicionadores	4	6	3	72
Falha no sensor de nível no último piso dos condicionadores	Sobrecarga dos condicionadores	4	6	3	72
Falha da abertura adequada das raseiras que dão entrada de material nos condicionadores	Sobrecarga dos condicionadores	4	6	3	72
Tubagens da aspiração obstruídas	Aspiração insuficiente nos condicionadores ao trabalhar com colza	3	6	7	126
Ventilador inoperacional	Maior humidade nas sementes	3	5	7	105
Falha dos sensores de temperatura nos condicionadores	Distribuição inadequada do material pelos	7	6	3	126

	condicionadores, não otimizada				
	Formação de chama				
Atascamento/Paragem do TP 5/1	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 5/1	Incêndio confinado	9	1	5	45
Atascamento/Paragem do TP 5/2	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 5/2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 5/2A	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 5/2A	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 5/3	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do				

	motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TP 5/3	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem da nora EL 1	Paragem do equipamento.	7	7	3	147
	Rotura do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da correia da nora que suporta os alcatruzes.				
	Paragem para trás				
Fricção como fonte de ignição da nora EL 1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TP 53/	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Falha dos sensores de temperatura no expander 760/2 ou 760/3	Temperatura muito elevada no expander - possível incêndio	5	6	3	90
	Temperatura muito baixa no expander - sólidos com maior humidade				
Falha do sensor de amperagem do expander 760/2 ou 760/3	Sobrecarga do expander	3	6	3	54
Atascamento/Paragem do TP 7	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do				

	motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Falha do sensor de nível alto do secador 713.2	Sólidos com mais humidade	5	6	5	150
	Atascamento do secador				
Falha da paragem para trás (acção associada ao sensor de nível alto do secador 713.2)	Sólidos com mais humidade	5	6	5	150
	Atascamento do secador				
Bandejas do secador partem-se ou soltam-se	Sólidos com mais humidade				
	Contacto da peça metálica com <i>redlers</i> provocando fonte de ignição	9	6	7	378
Conduta de aspiração do secador 713.2 obstruída	Sólidos com mais humidade	3	7	5	105
Atascamento/Paragem do R 1	Paragem do equipamento				
	Avaria do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor	7	7	3	147
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R 1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do R 3	Paragem do equipamento				
	Avaria do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor	7	7	3	147
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R 3	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TM 1/1	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor.				

	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TM 1/1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TM 2/2	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TM 2/2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TM 2	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TM 2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TM 2/A	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de	Incêndio	9	1	3	27

ignição no <i>redler</i> TM 2/A	confinado				
Falha no sensor de nível alto do decantador 723	Transbordo	7	6	3	126
Falha no sensor de nível baixo do decantador 723	Bomba P723 entra em cavitação	5	6	3	90
Falha na paragem da bomba P723 (acção associada ao sensor de nível baixo do decantador 723)	Bomba P723 entra em cavitação	5	6	3	90
Falha da bomba P723	Acumulação de óleo no decantador 723	3	5	5	75
Falha do sensor de amperagem da centrífuga 718	Separação óleo-sólidos não é eficaz	3	6	3	54
Avaria com paragem da centrífuga 718	Óleo vai directamente para a extracção sem ser centrifugado	3	6	3	54
Falha no sensor de nível baixo do tanque de óleo de extracção mecânica 782	Bomba P718 entra em cavitação	5	6	3	90
Falha na paragem da bomba P718 (acção associada ao sensor de nível baixo do tanque de óleo de extracção mecânica 782)	Bomba P718 entra em cavitação	5	6	3	90
Falha no sensor de nível alto do tanque de óleo de extracção mecânica 782	Transbordo	7	6	3	126
Falha da bomba P718	Acumulação de óleo no tanque de óleo de extracção mecânica	3	5	5	75
Atascamento/Paragem do TM 3	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TM 3	Incêndio confinado	9	1	3	27

Atascamento/Paragem do TM 4	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TM 4	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TM 5	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TM 5	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TM 6	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TM 6	Incêndio confinado	9	1	3	27
Falha do sensor de amperagem dos motores	Sobrecarga e consequente danificação ligeira do motor devido à protecção por fusível mecânico	5	6	1	30
Falha eléctrica	Descarga eléctrica	5	3	3	45

O processo da colza comporta muitas das etapas processuais da soja, mas com ordens invertidas. A semente não passa pelos trituradores, uma vez que apresenta dimensões muito inferiores à da soja,

não sendo necessária a sua fragmentação, podendo iniciar o seu processo directamente na laminagem. Seguem-se as etapas de condicionamento, passagem pelos *expanders* (neste caso são dois, logo caso um tenha uma falha que o impossibilite de trabalhar, o outro pode funcionar, embora com menor rendimento) e a secagem. Todas estas etapas são em tudo semelhantes ao caso do circuito da soja. No final da preparação existe uma decantação e centrifugação, exclusivas da operação com a semente de colza, uma vez que nos *expanders* já é extraído algum óleo, mas arrasta sempre algum conteúdo de sólidos. No decantador existe a possibilidade de falha dos sensores de nível (baixo ou alto) ou falha da bomba que retira o óleo do decantador (acção associada ao sensor de nível baixo), uma vez que nesse caso a bomba trabalha em vazio, o que poderá levar à sua avaria, devido ao fenómeno de cavitação – foi considerada uma gravidade de nível 5. Esta situação de falha é facilmente detectável, uma vez que, se a bomba trabalha em vazio faz bastante ruído, caso falhe o sensor de nível alto, a detecção é visível pelo transbordo do óleo.

Segue-se a centrifugação, que tem como função retirar partículas sólidas em suspensão ainda contidas no óleo. Em situação de avaria, a solução é o bypass à centrífuga, seguindo o óleo para a produção de biodiesel sem ser centrifugado. Esta falha não tem impacto significativo no processo, uma vez que consegue ser resolvida no processo de neutralização associado à fábrica de biodiesel. Em termos de detecção, é facilmente detectada a partir dos dados fornecidos pelo sensor de amperagem.

Após esta etapa, o óleo limpo é armazenado no tanque de extracção mecânica antes de seguir para os tanques de óleo bruto. O tanque está equipado com sensor de nível baixo que, quando atingido, acciona a paragem da bomba que envia o óleo, P718, para que esta não entre em cavitação. Na falha do sensor ou da acção associada ao mesmo, ocorre o fenómeno da cavitação, que poderá danificar a bomba, tendo sido classificada com gravidade 5. Quanto à detecção, qualquer uma das situações é de fácil detecção, sendo que a bomba trabalharia em vazio e o caudalímetro denunciaria a falta de caudal de óleo.

O tanque de óleo de extracção mecânica possui ainda um sensor de nível alto, que caso falhe, pode originar transbordo de óleo do tanque para o chão (facilmente detectável), situação com uma gravidade significativa, uma vez que se perde e contamina o material – nível 7.

Por fim, também deve ser considerada a falha da bomba que retira o óleo do tanque de óleo da extracção mecânica, P718, e, neste caso, pode provocar a acumulação de óleo no tanque, podendo até chegar ao ponto de transbordar – situação já comentada acima.

## Falhas transversais a todo o processo

### **Motores**

Todos os motores estão equipados com um fusível mecânico. O mecanismo protege o motor da sua total inutilização, uma vez que quando este trabalha em sobrecarga, o fusível, material com uma resistência diminuída, dispara antes do motor ceder, cessando o seu funcionamento.

Após a actuação do fusível mecânico é necessária uma intervenção por parte da manutenção, para que o fusível seja substituído e o motor avaliado, dado que pode apresentar possíveis danos. Deste modo, a gravidade dependerá do nível da avaria e do tempo necessário para a sua reparação. Caso seja apenas necessário substituir o fusível, será uma intervenção simples e rápida, em que a gravidade toma o valor 5.

Os motores apresentam também um controlo de amperagem através de sensores, em que, caso atinjam níveis demasiado elevados ou baixos, é accionado um alarme audível na sala de controlo.

### **Transportadores de sólidos**

O processo de armazenamento da matéria-prima desde os tegões até aos diversos silos, bem como o transporte de sólidos ao longo de todo o processo de preparação e extracção é feito através de transportadores apropriados para sólidos, nomeadamente verticais, como são exemplo as noras de alcatruzes, e os horizontais, os *redlers* (tapetes transportadores), que poderão apresentar diferentes inclinações.

As falhas associadas às noras relacionam-se normalmente com a quebra da correia que suporta os alcatruzes transportadores de material e as falhas dos *redlers* estão associadas à quebra da corrente que suporta as secções de transporte de semente. Para ambos os equipamentos têm de ser consideradas possíveis falhas mecânicas, como a avaria dos motores e a quebra da corrente de transmissão do motor, e ainda ocorrências de fricção de peças soltas metálicas dentro dos transportadores, formando potenciais fontes de ignição e posteriores incêndios confinados.

Em todas estas situações os transportadores ficam incapazes de realizar a sua função, acarretando paragem.

Como medidas de controlo associadas, existem *microswitches* na zona de descarga dos *redlers*, consistindo num sistema de prevenção de atascamentos, uma vez que, através do *microswitch*, a tampa na extremidade do *redler* levanta quando o sensor é accionado, parando o equipamento.

Nas noras, por forma a prevenir atascamentos e sobrecarga de material também existem medidas implementadas, estando estas equipadas com dois pares de *flaps*, posicionados a diferentes cotas. Os *flaps* descem por acção mecânica, quando há excesso de material, ascendendo a sua parte exterior, que acciona um sensor e imediatamente actua a paragem da nora.

Na maioria das situações de falha mencionadas acima, a paragem que sucede no transportador provoca um tempo de paragem significativo, com uma resolução que acarreta intervenção da manutenção. A paragem dos transportadores foi classificada com uma gravidade 5, dado que perturba o processo, à excepção das situações em que a existência de caminhos alternativos permite que o processo não fique comprometido e a gravidade decai para o valor 3.

Dada a possibilidade de ocorrência de incêndios confinados nos transportadores, estão instalados painéis de rotura, também conhecidos por painéis de *venting*, que consistem em zonas da chapa metálica com espessura menor que as restantes, tornando-se assim de fácil rotura com o aumento de pressão decorrente da existência de um incêndio, possibilitando a libertação de pressão e temperatura evitando uma explosão. Desta forma minimizam-se os potenciais danos da falha, porém, devido à proximidade dos transportadores com variados equipamentos, e possibilidade de alastrar o incêndio, é considerada uma falha com gravidade elevada, de classificação 9. Já a detecção no caso de paragem ou incêndio confinado é altamente provável, tomando valor 3.

### **Raseiras**

As raseiras situam-se essencialmente nas entradas e saídas de cada equipamento ou transportador, sendo algumas manuais e outras eléctricas.

No caso de não funcionarem podem perturbar o processo, com maior ou menor gravidade, dependendo da sua função em cada etapa. Por exemplo, no caso das raseiras que depositam os sólidos nos armazéns, não existirá grande problema, uma vez que as farinhas poderão ser depositadas noutros locais, através da abertura de outras raseiras.

Foram considerados na análise de risco os problemas mais significativos associados às raseiras.

### **Zoom da zona da extracção**

A zona de extracção da unidade fabril Iberol constitui, uma das zonas de maior risco associado na unidade fabril, essencialmente pelos riscos associados à possibilidade de criação de atmosferas explosivas, dada a utilização de hexano.

Tendo em conta esta situação, a unidade tem requisitos específicos no que se refere a diversos factores como <sup>[7]</sup>:

- Tipo de equipamentos utilizados;
- Características de construção;
- Substâncias utilizadas;
- Condições de trabalho e especificidades dos processos;

O hexano é o principal responsável pelas condições de risco existentes nessa área. Apresenta-se como um líquido à temperatura de 25°C e pressão atmosférica, possuindo um odor típico de hidrocarbonetos. É um solvente que vaporiza facilmente e é classificado como inflamável (*flash point* de aproximadamente -26°C), sendo portanto susceptível de formar atmosferas explosivas em contacto com o ar.

De acordo com o Decreto-Lei 236/2003 entende-se por atmosfera explosiva “uma mistura com o ar, em condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis, sob a forma de gases, vapores, névoas ou poeiras, na qual, após a ignição, a combustão se propague a toda a mistura não queimada”; sendo que a identificação destes locais deve estar devidamente sinalizada, cumprindo a legislação.



**Figura 11 – Sinalização de zona com potencial atmosfera explosiva**

O símbolo deve apresentar forma triangular, letras negras sobre fundo amarelo bordado a preto, com a cor amarela a cobrir pelo menos 50% da placa. Poderá a informação ser completada com placas adicionais como as explicitadas abaixo.



**Figura 12 – Placas de sinalização de zonas com potencial atmosfera explosiva**

### Triângulo do Fogo

Recordando o triângulo do fogo, tem-se que os três elementos para a existência de um incêndio são o combustível, o comburente e uma energia de activação (fonte de ignição).



**Figura 13 – Triângulo do fogo**

Assim sendo, o hexano funciona como combustível, o oxigénio atmosférico como comburente e, na presença de uma fonte de ignição, de qualquer origem, existem condições para a ocorrência de uma combustão. No entanto, os vapores de hexano e o ar só apresentam condições de atmosfera explosiva quando se encontram na gama dos intervalos de inflamabilidade.

Os limites de inflamabilidade definem-se como as percentagens mínimas e máximas de combustível, aquando misturado com ar, em que, na presença de uma fonte de ignição, permite a combustão. Existe o Limite inferior de Inflamabilidade/Explosividade e o Limite Superior de Inflamabilidade/Explosividade.

O hexano apresenta limite inferior e superior de inflamabilidade respectivamente 1,2 e 8,3 % (volumétrica), de acordo com o fornecedor, sendo que, entre estas concentrações de hexano no ar, existem condições de atmosfera explosiva.

#### **A utilização de hexano no processo da Iberol**

O hexano é utilizado no extractor como solvente da extracção química, e está presente no circuito de gases, líquidos e sólidos, praticamente em todos os equipamentos constituintes da unidade de extracção. Como já referido anteriormente, contacta com o material sólido, previamente preparado, por forma a extrair o óleo, sendo que nas fases seguintes o hexano tem que ser retirado. Na linha dos sólidos, o DT retira o solvente do material, tornando-o apropriado para a indústria da alimentação animal. Os líquidos que resultam do extractor, formando a miscela (óleo e hexano), atravessam uma série de colunas de destilação e equipamentos de troca térmica, vaporizando o hexano, uma vez que este tem menor ponto de ebulição que o óleo. Os gases, por fim, resultam do hexano retirado nos circuitos dos líquidos e dos sólidos, sendo depois estes condensados, sendo o hexano recuperado e reintroduzido no processo, novamente como solvente, no extractor.

Deste modo, o hexano circula por toda a extracção, em quantidades variáveis, podendo apresentar-se tanto no estado líquido como gasoso. Analisando o cenário da extracção sem qualquer medida de segurança adicional, tem-se a pior situação possível. A existência de hexano em diversas concentrações nos equipamentos, garante a existência de combustível no sistema, para além do comburente, oxigénio presente no ar atmosférico.

Na ausência de qualquer identificação do local, sem as medidas comportamentais apropriadas implementadas, torna-se provável a ocorrência de uma fonte de ignição. O panorama apresenta um risco elevado, traduzindo-se na possibilidade de falhas gravosas e de detecção pouco provável.

**Tabela 18 – AMFE aplicado à zona da extracção na ausência de medidas minimizadoras de risco**

<b>Falha</b>	<b>Consequência</b>	<b>Gravidade Absoluta</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Detecção</b>	<b>RPN</b>
Rotura na tubagem/equipamento	ATEX no exterior	10	3	7	210
Fonte de ignição no interior de um equipamento	Explosão	10	3	10	300

A ocorrência de uma rotura de hexano iria provocar uma dispersão rápida na atmosfera, podendo reunir as condições para a ocorrência de uma explosão, caso se atinja o intervalo de inflamabilidade, na presença de uma fonte de ignição. O mesmo poderá acontecer no interior da linha processual, sendo que neste caso não haveria possibilidade de detecção da falha. Os seus efeitos em ambas as situações seriam devastadores, uma vez que, no panorama de processo, a explosão promoveria a destruição da unidade, no panorama dos trabalhadores, poderia causar mortes, e, no panorama ambiental, tratar-se-ia de um impacto de grande dimensão, ultrapassando os limites da unidade.

Seria imperativo, devido às condições proporcionadas pelo hexano, actuar, por forma a minimizar o risco, e a Iberol assim o fez, sendo pela prevenção da formação de atmosferas explosivas perigosas, pela prevenção das fontes de ignição ou pela limitação dos efeitos da explosão <sup>[7]</sup>. Uma hipótese de verificação das condições da atmosfera na zona da extracção é através da utilização de um explosímetro. O aparelho mede, em percentagem, a distância à qual a concentração dos gases se encontra do limite inferior de inflamabilidade. Assim, a partir do momento em que o aparelho atinge os 100%, estarão, certamente, garantidas as condições de atmosfera explosiva, a não ser que a concentração exceda o limite superior de explosividade. No entanto, atentando para uma altura de paragem com desgaseificação da unidade, a única altura em que é permitido foguear na área da extracção, é indispensável garantir a existência uma margem de segurança, nunca operando com fogo após os 15% do limite inferior de explosividade, mesmo que em teoria só existam condições de explosividade aos 100%. Sendo a explosão uma consequência de risco e danos elevados, é imprescindível não arriscar e laborar sempre com margens que assegurem a minimização do risco.

O extractor, em condições normais de funcionamento, opera abaixo da pressão atmosférica, ou seja, em depressão, estabelecida pelos ejectores. Deste modo, os gases ficam confinados na linha de processo, não sendo disperso combustível – hexano – para o exterior, no caso de uma possível rotura. Uma vez que no exterior é mais susceptível de se reunirem as três condições para a ocorrência de explosão, é importante que se tente eliminar esse risco com a supressão do hexano na linha.

O segmento da extracção apresenta pouco oxigénio, essencialmente o que vem com o material sólido, eliminando praticamente um dos três requisitos do triângulo do fogo – o comburente – uma vez que não é uma atmosfera completamente inertizada, porém o O<sub>2</sub> presente não é suficiente para propagar um incêndio/explosão.

Acresce o facto de que as zonas impregnadas de hexano, como é o caso do extractor, já certamente apresentam concentrações superiores ao limite superior de explosividade. Por este mesmo motivo, o risco de formação de atmosfera explosiva é reduzido.

Por outro lado, praticamente todos os equipamentos da zona da extracção, têm a possibilidade de injeção de vapor directo, suprimindo qualquer foco de incêndio e os transportadores de sólidos possuem painéis de *venting*, para descarregar a pressão da explosão, não agravando a sua possível propagação.

Tendo em conta as propriedades intrínsecas deste solvente, esta zona tem implementadas medidas de minimização de risco que possibilitam a sua operação em níveis de risco aceitáveis.

Em anexo encontra-se a análise de risco à zona da extracção para os três circuitos: sólidos, líquidos e gases.

## Acções Recomendadas

Após a avaliação de risco, segue-se a fase de estabelecer acções que visam minimizar o risco, nos casos em que a falha possui um RPN que ultrapasse o valor 125, ou nos casos em que as falhas ultrapassem algum dos três valores de limites individuais dos parâmetros.

No que se refere ao valor de RPN superar o valor 125, foram identificados os seguintes pontos:

- i. A secagem, que ocorre na preparação, com a colza, soja e *full-fat*. Comporta uma falha particular, com o maior valor de RPN na avaliação, de 378, ultrapassando também o limite individual de gravidade e de detecção. A falha em questão prende-se com o facto das bandejas metálica do secador poderem partir-se ou soltarem-se. Esta situação ocorre essencialmente devido ao aumento de caudal de semente processada, relativamente ao dimensionamento original do equipamento. Originalmente cada secador teria capacidade para 50/60 ton/h e hoje em dia acomoda 80/90 ton/h, e, para além deste aumento de carga,

o desgaste do material das bandejas metálicas propicia a quebra das peças, bem como a utilização do secador para a colza – uma semente com um teor oleico muito superior ao da soja, não sendo o equipamento projectado para o efeito. Para contornar esta situação recomenda-se prontamente a substituição dos secadores, por novos equipamentos dimensionados de forma adequada e de outro tipo, que não seja de bandeja, evitando a facilidade de destaque de peças. Para além da minimização do risco, o novo secador optimizaria certamente o processo, uma vez que a tecnologia dos secadores em uso já caiu em desuso. Neste caso específico, poder-se-ia eliminar por completo esta falha, dado que o mecanismo do equipamento seria diferente.

- ii. Na coluna de máquinas, a falha que requer maior atenção é a colmatação dos crivos do peneiro, apresentando um valor de RPN de 175. Tal acontece porque o peneiro foi projectado para limpeza e não para pré-limpeza, em que a semente ainda tem um elevado teor de materiais indesejáveis. Nesta situação podem adoptar-se duas medidas: uma mais económica, envolvendo a limpeza mais regular dos filtros do peneiro; e uma outra mais dispendiosa, que seria instalar um peneiro de pré-limpeza, colocado antes do já existente, diminuindo assim a periodicidade de colmatação.
- iii. Nas operações que envolvem sólidos, na maioria dos equipamentos existem sistemas de aspiração, através de tubagem, ciclones (para reter as partículas sólidas) e ventiladores. No caso do ventilador ficar inoperacional, é ultrapassado o limite de aceitabilidade da detecção, já no caso da tubagem obstruída, para além do mesmo limite de aceitabilidade ser ultrapassado, manifesta um RPN de 126. Ambos os casos de falha podem ser tratados com o propósito de optimizar a detecção, uma vez que actualmente não existem metodologias, apenas é possível através de apalpação da tubagem por parte do operador ou examinação da saída do ventilador. Podem ser tomadas várias medidas, sendo que a mais simples seria implementar a verificação da saída do ventilador nos procedimentos de trabalho dos operadores. Outra, mais dispendiosa mas menos dependente do erro humano, consiste na colocação de sensores de pressão na linha de aspiração, averiguando a sua eficiência e facilitando a detecção de ambos os dois tipos de falha.
- iv. Também nos sólidos, os seus transportadores, quando não possuem caminhos alternativos que possam ser utilizados em caso de paragem, apresentam um valor de RPN de 147, dado que implicam a paragem do processo, e acontecem com alguma regularidade. Quanto à manutenção preventiva para estes equipamentos, é suficiente nos moldes em que já é efectuada, não sendo necessários períodos de revisão mais apertados. O que poderia ser considerado seriam circuitos alternativos em alguns pontos-chave que garantem outra opção de circulação do produto, não parando o processo. Por outro lado, o departamento de manutenção recomenda re-engenharia dos circuitos de transporte de sólidos para prevenir essencialmente atascamentos (a produção desde o início da unidade industrial aumentou, não estando estes projectados adequadamente).

- v. Uma das normas usuais das instalações fabris é a existência de redundância nas bombas; isto é, deverão existir duas bombas em paralelo para cada ponto de necessidade de bombagem. Tal não acontece em todo o processo da Iberol, daí que, quando uma bomba, que não tenha uma outra de reserva, falha, implica necessariamente a paragem do processo, para manutenção da única bomba disponível, ultrapassando o limite de gravidade bem como o valor de RPN (126, como a situação anterior da tubagem obstruída). Por forma a assegurar o processo em situação de falha de qualquer uma das bombas da linha processual, recomenda-se a sua duplicação (que está em falta nas bombas P1, P19, P8 e P60), em paralelo e com funcionamento alternado, assegurando o funcionamento correcto de ambas as bombas.
- vi. Ao longo do processo, podem ocorrer falhas de sensores e de actuadores com acções associadas, sendo que, nas variáveis mais relevantes para controlo do processo, estas falhas ultrapassam RPN de 125 e, por vezes, o limite de aceitabilidade do parâmetro individual da gravidade. Nestes casos deveriam existir sensores em duplicado, iguais preferencialmente, mas também poderiam ser mais rudimentares e de leitura local. Por outro lado, deverá incidir-se na manutenção preventiva no sentido de prevenir más calibrações e falhas nos sistemas de controlo que possuem acções associadas.

Nos pontos seguintes encontram-se listadas e discutidas as situações que ultrapassam os limites individuais dos parâmetros.

- a) Durante a descarga da semente, o empoeiramento na zona do tegão constitui uma falha que necessita de soluções, uma vez que ultrapassa o limite de aceitabilidade quanto ao parâmetro individual de ocorrência. A empresa poderá adquirir um sistema de ventilação com filtros de mangas, caso pretenda um desfecho fácil e económico. Por outro lado, o tegão existente não possui as condições óptimas que um tegão deveria possuir, nomeadamente não permite entrada e saída continuada no tegão, os camiões na descarga entram de marcha atrás e saem pelo mesmo sítio por onde entraram, tornando a tarefa mais demorada e difícil, existindo frequentes embates do camião na viga do tegão. Aconselha-se, com base nas condições actuais, uma solução mais exigente, que consiste na construção de um outro tegão de raiz, melhorando as condições de descarga, já incluindo o sistema de ventilação adequado para minimizar empoeiramentos.
- b) Ao longo da instalação, os transportadores constituem equipamentos do processo que apresentam elevado risco aquando da ocorrência de falhas que poderão provocar a fontes de ignição. Nestas condições, é ultrapassando nível de aceitabilidade quanto à gravidade. Como tal, recomenda-se a instalação de sistemas de supressão de explosão, com a colocação de sensores de detecção de ignição e extintores capazes de suprimir o incêndio e eventual explosão (a empresa Fike é uma possível fornecedora deste tipo de serviços). Num panorama ideal, todos os transportadores deveriam possuir este tipo de sistema, no entanto,

devem ser consideradas prioritárias algumas situações em que a ocorrência de fonte de ignição seria mais danosa. São estes os casos em que os transportadores e os painéis de *venting* se situam nas proximidades de zonas de circulação de pessoas, de zonas perigosas e/ou de zonas de elevada compactação. Nestas condições, na ocorrência de uma situação de alívio de pressão por rotura de um painel de *venting*, existiriam danos nos equipamentos adjacentes.

- c) Também na preparação, pode ocorrer a rotura da tela do filtro de mangas, não sendo uma falha admissível, ultrapassando o limite ao nível da detecção. Actualmente, caso haja funcionamento anómalo do filtro de mangas, a detecção é feita por diferencial de pressão, existente no local, que não é supervisionado com regularidade. Para otimizar a situação sugere-se que a o mostrador do leitor de pressão seja digital e apresentado na sala de controlo, sendo esta grandeza sempre vigiada por um operador, podendo também ser adicionado um alarme, caso a pressão apresente valores incomuns. Uma solução mais simples consta na verificação da pressão do equipamento no procedimento de trabalho dos operadores, com uma frequência não muito elevada mas que seja eficiente - semanal.
- d) Na zona da extracção, as duas centrífugas que permitem a desgomagem do óleo, apresentam elevado teor de sujidade que obriga a sua abertura para limpeza. Esta situação ocorre com uma frequência acima do nível aceitável, visto que a unidade foi projectada para operar com soja e, quando processa colza, devido às suas partículas de pequena dimensão, o óleo acarreta alguns sólidos consigo, acabando estes por ficarem retidos nas centrífugas. Como medida a implementar, propõe-se um sistema de filtração do óleo à saída do extractor, impedindo que as centrífugas tenham que ser limpas com tanta regularidade.
- e) No decantador 32 A/B|34 existe a geração de uma interface, por vezes espessa, que dificulta a separação do hexano e da água, essencialmente formada devido à mistura dos dois compostos nos condensadores tubulares que se encontram com orifícios, Assim, os condensadores deveriam ser reparados para que não existam fugas que contaminem os fluidos.
- f) Por último, há que referir que o compressor 136 é essencial para o processo, dado que ali via a pressão ao longo da extracção e elimina gases, inofensivos, para a atmosfera, sendo que, caso pare, tudo pára. Tendo uma elevada gravidade para o processo, as rotinas de manutenção deveriam incluir especial atenção para este equipamento, sendo focada a manutenção preventiva regular como acção recomendada.

## Conclusões

No desfecho do trabalho, seguem-se algumas observações críticas quanto ao método adoptado para a análise de risco e o seu modo de implementação. Começando por mencionar algumas das suas limitações, o AMFE pressupõe a avaliação independente das falhas, não considerando a sua possível sobreposição numa dada situação ou equipamento, não cobrindo todas as reais situações que possam surgir. De forma a aperfeiçoar a análise, deveria ser feita, de um modo complementar, uma árvore de análise de falhas, que contempla a conjugação de várias situações de falha.

Por outro lado, o método é indicado para a comparação do grau do risco em diversas situações de falha, através do RPN, priorizando as acções, definindo as mais indispensáveis e urgentes de serem aplicadas. No entanto, não serve como classificação absoluta de risco referente a um dado produto/processo.

O valor de RPN não revela qual o factor preponderante, de entre a gravidade, a ocorrência e a detecção/controlo, para o seu valor tomado numa dada situação. Duas situações de falha podem ter RPNs idênticos mas com diferentes incidências em cada factor, devendo estes ser analisados posteriormente para determinar quais as acções recomendadas, no sentido mais prudente.

Por último, o FMEA, por normas estabelecidas, recomenda-se que seja efectuado por uma equipa multidisciplinar de cinco a nove elementos, com formações e pontos de vista diferentes para um *brainstorming* e análise adequados. Neste presente trabalho, o método foi essencialmente aplicado por um elemento, sendo acompanhado por dois especialistas na área de Segurança Industrial, traduzindo-se num ponto de vista mais limitado na análise de risco. Também as acções recomendadas tiveram o parecer da chefia da manutenção eléctrica e mecânica, mas não do chefe de fábrica da preparação/extracção, por motivos de impedimento do mesmo, na altura em que foi solicitado, traduzindo-se numa visão mais circunscrita do ponto de vista da manutenção, lamentavelmente.

Por outro lado, a metodologia eleita, e a maneira como foi desenvolvida, também manifesta claras vantagens e aspectos positivos. Trata-se de um método preventivo que permite antever situações de falha e permitir a sua minimização de risco, mesmo que nunca tenham sucedido. Desta maneira evitam-se danos de maior extensão e, nem sempre, são exigidos maiores gastos económicos na prevenção, comparativamente com a remediação das consequências após as falhas.

É um método que acaba por ter uma abordagem lógica e estruturada, em tabela, de fácil compreensão, permitindo a identificação das áreas do processo que merecem maior atenção, quer seja pela comparação do RPN das falhas, ou pela ultrapassagem dos limites individuais dos parâmetros. E, sendo fornecidas acções recomendadas para estas duas situações de inaceitabilidade, o risco consegue ser minimizado da melhor maneira do que se só fosse dada especial importância aos RPN superiores a 125.

Relativamente à obtenção de informação para as possíveis falhas, o espectro de opiniões foi bastante amplo, tendo sido consultados possivelmente todos os trabalhadores da preparação – extracção de todos os turnos, sumariando ideias de diversas fontes, envolvendo positivamente a comunidade fabril. Já a obtenção de informação referente à ocorrência, tem, na sua maioria, dados concretos, reunidos pela base de dados da manutenção, minimizando a ambiguidade existente na percepção dos trabalhadores.

Na maneira específica de abordagem do AMFE neste trabalho, é de ressaltar o carácter transversal que foi conseguido quanto à gravidade, sendo analisada, em primeira instância, a gravidade referente ao processo de produção, mas havendo também o acréscimo do panorama das gravidades ambiental e dos trabalhadores. Embora sejam analisadas estas duas gravidades somente no sentido da linha processual e das actividades que lhe estão associadas, já traz uma mais-valia, destacando potenciais situações de falha que afectem estas duas áreas – segurança ambiental e segurança para o trabalhador – que possam ser exploradas noutras análises mais específicas.

Quanto à empresa, criada em 1968, esta mantém os traços gerais da sua génese, nas zonas analisadas no presente trabalho. Embora alguns equipamentos tenham sido otimizados e substituídos, como é o caso do DT, a maioria mantém-se, tendo sido dimensionados e projectados para as condições de funcionamento e produção originais que sofreram alterações ao longo dos tempos com vista à optimização dos processos. É de notar que a produção aumentou significativamente até aos dias de hoje e que se trabalha não só com soja, mas também particularmente com colza, cujas propriedades da semente são bastante distintas. Neste sentido seria imprescindível o início de uma abordagem de avaliação de riscos ao processo, por forma a optimizar a produção, tendo também importância em matéria de seguradoras.

Após a análise de riscos AMFE, é possível estimar a percentagem de falhas que ultrapassa o valor de RPN aceitável, tendo em consideração que existem falhas idênticas a alguns processos, que ocorrem nos mesmos equipamentos; tratam-se essencialmente de transportadores, *expanders*, condicionadores, laminadores e secadores.

A percentagem é de sensivelmente 15,5 %, o que revela que, numa primeira análise de risco à unidade, até então isenta de metodologias de gestão de risco, não foi demasiado exigente nem tolerável, sendo uma percentagem perfeitamente razoável de falhas cujo risco deverá ser minorado.

É certo que o panorama ideal não seria estagnar na situação após a aplicação das acções recomendadas, no entanto, inicialmente, as metas têm que ser praticáveis e não pode exigir-se um risco excessivamente baixo, que comporte acções inexecutáveis para uma realidade a curto-médio prazo. Deverão ser feitas análises subsequentes, de forma iterativa, mitigando o risco, com a diminuição dos limites de aceitabilidade, gradualmente, com acções viáveis, de acordo com as possibilidades e gestão da empresa.

## Bibliografia

[1] COMISSÃO EUROPEIA; DG V EMPREGO, RELAÇÕES LABORAIS E ASSUNTOS SOCIAIS. *Guia para a avaliação de riscos no local de trabalho*. Luxemburgo: Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 1996

[2] ALMEIDA, Paulo. *Avaliação e Gestão de Riscos Profissionais*

[3] STROIE, Elena R. *Advantages and Disadvantages of Quantitative and Qualitative Information Risk Approaches*. Romania: Academy of Economic Studies, 2011

[4] CARLSON, Carl S. *Effective FMEAs Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2012

[5] STAMATIS, D. H. *Failure Mode and Effect Analysis FMEA from Theory to Execution*. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2003

[6] MCDERMOTT, Robin E.; MIKULAK, Raymond J; BEAUREGARD, Michael R. *The Basics of FMEA*. Nova Iorque: Productivity Press, 2009

[7] INSTITUTO PARA A SEGURANÇA, HIGIENE E SAÚDE NO TRABALHO. *Segurança e Saúde dos Trabalhadores Expostos a Atmosferas Explosivas. Guia de Boas Práticas*. Lisboa: ISHST, 2006

[8] THE UNIVERSITY OF TEXAS, *Risk Assessment Matrix*. Consultado em [www.millikin.edu/sites/default/files/documents/risk\\_assessment\\_matrix.pdf](http://www.millikin.edu/sites/default/files/documents/risk_assessment_matrix.pdf) em Maio de 2015

## Anexos

### Anexo 1

Abaixo tem-se uma matriz exemplar do método semi-quantitativo de matriz de risco.

O método categoriza certas situações de falha quanto ao seu risco: baixo, moderado, alto e extremamente elevado, dependendo da probabilidade e gravidade da falha <sup>[8]</sup>.

**Tabela 19 – Matriz classificativa da metodologia de matriz de risco**

		Probabilidade de falha				
		Frequente	Provável	Ocasional	Raramente	Improvável
Gravidade	Catastrófica	E	E	A	A	M
	Crítica	E	A	A	M	B
	Moderada	A	M	M	B	B
	Insignificante	M	B	B	B	B

**Tabela 20 – Definição das classificações do método de matriz de risco**

Letra representativa	Definição	Descrição
E	Risco	Actividades com níveis de risco inaceitáveis,

	Extremamente Elevado	incluindo danos catastróficos e críticos, com falhas muito prováveis de ocorrer. Estas actividades devem ser eliminadas ou modificadas.
A	Risco Alto	Actividades que apresentam risco elevado e as falhas associadas são prováveis de ocorrer. Devem ser apresentadas medidas que minimizem o risco.
M	Risco Moderado	Actividades com algum risco e pouco prováveis de ocorrência de falha. É necessário minimizar as consequências de falha.
B	Risco Baixo	Actividades que acarretam risco mínimo, cujas falhas associadas são improváveis de ocorrer. A empresa poderá continuar com a mesma metodologia aplicada até então.

## Anexo 2

### Extracção - Circuito dos sólidos

Tabela 21 – AMFE aplicado ao circuito de sólidos da extracção

Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Falha do sensor de nível baixo da tremonha VR8A	Extractor trabalha em vazio	7	6	3	126
	Não existe efeito tampão e os gases retornam para a preparação				
Falha da paragem do extractor (acção associada ao sensor de nível baixo da tremonha VR8A)	Extractor trabalha em vazio	7	6	5	210
	Não existe efeito tampão e os gases retornam para a preparação				
Falha do sensor de nível médio da tremonha VR8A	Sobrecarga da tremonha VR8A	3	6	5	90
Falha do sensor de nível alto da tremonha VR8A	Entupimento da linha a montante da tremonha VR8A	5	6	3	90
Falha da paragem do R3 (acção associada ao sensor de nível alto da tremonha VR8A)	Entupimento da linha a montante da tremonha VR8A	5	6	3	90

Atascamento/Paragem do 1A	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> 1A	Incêndio confinado	9	1	3	27
Rotação impossibilitada do extractor	Desacoplamento do fusível mecânico e o extractor poderá encher, atascando o 1A a montante	5	4	1	20
Falha do sensor de defeito de rotação	Extractor enche, atascando o 1A montante	5	4	1	20
Caçambas do extractor não abrem	Atascamento do 1A pois as caçambas não têm capacidade de suportar duas camadas de material	5	2	5	50
Falha do sensor de nível médio da tremonha 4	Sobrecarga da tremonha 4	3	6	3	54
Falha do aumento de velocidade de descarga (acção associada ao sensor de nível médio da tremonha 4)	Sobrecarga da tremonha 4	3	6	5	90
Falha do sensor de nível alto da tremonha 4	Entupimento da linha a montante da tremonha 4	5	6	3	90
Falha da paragem do extractor (acção associada ao sensor de nível alto da tremonha 4)	Entupimento da linha a montante da tremonha 4	5	6	3	90
Atascamento/Paragem do R5	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R5	Incêndio confinado	9	1	3	27
Apalpadores do DT não abrem	Pisos não-uniformes	5	6	3	90

Falha dos sensores de temperatura do DT	Baixa temperatura no DT - farinha subcozida, actividade uríásica activa e perdas de hexano (produto não conforme)	9	6	3	162
	Alta temperatura no DT - farinha sobrecozida (produto não-conforme)				
	Incêndio				
Falha das válvulas de admissão de vapor automáticas (acção associada aos sensores de temperatura do DT)	Baixa temperatura no DT - farinha subcozida, actividade uríásica activa e perdas de hexano (produto não conforme)	9	6	3	162
	Alta temperatura no DT - farinha sobrecozida (produto não-conforme)				
	Incêndio				
Válvula rotativa VR8B danificada	Atascamento do R5	5	2	3	30
Rotação impossibilitada do DT	Atascamento da válvula VR8 B	5	5	3	75
Atascamento/Paragem do 9	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				

Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> 9	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do R9A	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador. Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R9A	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do R9B	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R9B	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do R9C	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R9C	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do R9D	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R9D	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do R 10	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do				

	motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Raseira 13 A não funciona	Entupimento da linha a montante da raseira 13 A	5	5	3	75
Falha do sensor de nível do secador 13	Atascamento de 13A e paragem do R9A, B, C e D	5	6	3	90
Falha do sensor de velocidade do secador 13	Atascamento de 13A e paragem do R9A, B, C e D	5	6	3	90
Tubagem de ventilação do secador obstruída	Produto tem elevada humidade - produto não-confome	6	2	5	60
Ciclone cheio de material	Produto tem elevada humidade - produto não-confome	6	2	5	60
Falha do ventilador do secador	Produto tem elevada humidade - produto não-confome	6	2	5	60
Falha do sensor de nível alto do 3730A	Atascamento do R10 e paragem para trás	6	6	3	108
Atascamento/Paragem do R10 B	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R10 B	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do R10 C	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R10 C	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do R10 D	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do				

	motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> R10 D	Incêndio confinado	9	1	3	27
Avaria da rotex	Material apresenta partículas de tamanho mais irregular	3	3	5	45
Crivos colmatados do moinho 3751B	Atascamento do moinho 3751B	6	4	3	72
	Incêndio				
Rompimento das mangas do filtro de mangas	Acumulação de poeiras e aumento de pressão	3	2	7	42
Atascamento/Paragem do TF 1	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 2	Paragem do equipamento	7	7	3	147
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 3/1	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 3/1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 7	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				

	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 7	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 8	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 8	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 9	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 9	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 3/2	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 3/2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 10/1	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				

	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 10/1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 10/2	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 10/2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 11/1	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 11/1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 11/2	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor.				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador.				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 11/2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 12/1	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 12/1	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 12/2	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				

	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 12/2	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 12/3	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 12/3	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 12/4	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 12/4	Incêndio confinado	9	1	3	27
Atascamento/Paragem do TF 12/5	Paragem do equipamento	5	7	3	105
	Avaria do motor				
	Quebra da corrente de transmissão do motor				
	Quebra da corrente do <i>redler</i> transportador				
	Pára tudo para trás				
Fricção como fonte de ignição no <i>redler</i> TF 12/5	Incêndio confinado	9	1	3	27
Peça metálica solta no interior dos equipamentos	Faixa no interior dos equipamentos	3	2	3	18
Falha do sensor de amperagem dos motores	Sobrecarga e consequente danificação ligeira do motor devido à protecção por fusível mecânico	5	6	3	90
Falha eléctrica	Descarga eléctrica	5	3	3	45

## Extracção - Circuito dos líquidos

Tabela 22 – AMFE aplicado ao circuito dos líquidos da extracção

Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Deteccção	RPN
Bombas desde P3/1 a P3/7 danificadas	Extracção ligeiramente menos eficaz do óleo	3	6	3	54
Leitura de nível do tanque 17 A impossibilitada	Tanque 17 A enche e o hexano vai para os tanques subterrâneos	2	6	5	60
Bomba P8 A ou P8 B danificada	Utilização da bomba que não está danificada P8 A ou P8 B	3	6	3	54
Leitura de nível do tanque 17 B impossibilitada	Tanque 17 B enche e o hexano vai para os tanques subterrâneos	2	6	5	60
Bomba P8 danificada	Paragem da unidade para trás	7	6	3	105
Caudalímetro à entrada do 60 A danificado	Concentração da miscela (menos hexano)	4	5	3	60
	Desconcentração da miscela (mais hexano)				
Falha do sensor de temperatura do 60 A	Temperatura demasiado elevada no 60 A	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 60 A				
Falha do sensor de pressão do 60 A	Pressão demasiado elevada no 60 A	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 60 A				
Bomba P60 danificada	Paragem da unidade para trás	7	6	3	126
Falha do sensor de pressão do AQ 7	Pressão demasiado elevada no AQ 7	4	5	3	60
	Pressão demasiado baixa no AQ 7				
Falha do sensor de temperatura do AQ 7	Temperatura demasiado elevada no AQ 7	8	6	3	144
	Temperatura demasiado baixa no AQ 7				
Falha do sensor	Pressão	8	5	3	120

de pressão do 60 B	demasiado elevada no 60 B				
	Pressão demasiado baixa no 60 B				
Falha do sensor de temperatura do 60 B	Temperatura demasiado elevada no 60 B	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 60 B				
Bomba P60 A ou P60 B danificada	Utilização da bomba que não está danificada P60 A ou P60 B	3	6	3	54
Falha do sensor de temperatura do 21-18	Temperatura demasiado elevada no 21-18	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 21-18				
Falha do sensor de pressão do 21-18	Pressão demasiado elevada no 21-18	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 21-18				
Falha do sensor de temperatura do 18 SA	Temperatura demasiado elevada no 18 SA	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 18 SA				
Falha do sensor de pressão do 18 SA	Pressão demasiado elevada no 18 SA	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 18 SA				
Bomba P18 A ou P18 B danificada	Utilização da bomba que não está danificada P18 A ou P18 B	3	6	3	54
Falha do sensor de temperatura do AQ 4	Temperatura demasiado elevada no AQ 4	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no AQ 4				
Falha do sensor de pressão do AQ 4	Pressão demasiado elevada no AQ 4	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no AQ 4				
Falha do sensor de temperatura do 22	Temperatura demasiado elevada no 22	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 22				

Falha do sensor de pressão do 22	Pressão demasiado elevada no 22	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 22				
Bomba P22 A ou P22 B danificada	Utilização da bomba que não está danificada P22 A ou P22 B	3	6	3	54
Transbordo do óleo dos tanques de óleo bruto 82 A, B e C	Produto retido na bacia de retenção da extracção	2	1	3	6
Bomba P82 A ou P82 B danificada	Utilização da bomba que não está danificada P82 A ou P82 B	3	6	3	54
Bomba P582 A danificada	Utilização da bomba P82 B, embora forneça menos caudal	3	6	3	54
Bomba P503 A ou P503 B danificada	Utilização da bomba que não está danificada P503 A ou P503 B	3	6	3	54
Falha do sensor de pressão das centrífugas	Pressão demasiado elevada - lecitinas arrastam óleo	4	5	3	60
	Pressão demasiado baixa - as lecitinas não são separadas				
Centrífugas com elevado grau de sujidade	Pressão demasiado elevada - lecitinas arrastam óleo	4	8	3	96
	Pressão demasiado baixa - as lecitinas não são separadas				
Bomba P582 L ou P582 LA danificada	Utilização da bomba que não está danificada P582 L ou P582 LA	3	6	3	54
Falha do sensor de nível de material do 9º piso do DT	Lecitinas não são introduzidas no bagaço	3	6	3	54
Falha do sensor de temperatura do AQ 6	Temperatura demasiado elevada no AQ 6	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no AQ 6				
Falha do sensor de pressão do AQ 6	Pressão demasiado elevada no AQ 6	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no AQ 6				
Falha do sensor de temperatura	Temperatura demasiado	4	6	3	72

do 506	elevada no 506				
	Temperatura demasiado baixa no 506				
Falha do sensor de pressão do 506	Pressão demasiado elevada no 506	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 506				
Bomba P506 A ou P506 B danificada	Utilização da bomba que não está danificada P506 A ou P506 B	3	6	3	54
Falha do sensor de temperatura do 21-18	Temperatura demasiado elevada no 21-18	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 21-18				
Falha do sensor de pressão do 21-18	Pressão demasiado elevada no 21-18	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 21-18				
Falha do sensor de temperatura do 521 C	Temperatura demasiado elevada no 521 C	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 521 C				
Falha do sensor de pressão do 521 C	Pressão demasiado elevada no 521 C	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 521 C				
Falha do sensor de temperatura do 581 H	Temperatura demasiado elevada no 581 H	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 581 H				
Falha do sensor de pressão do 581 H	Pressão demasiado elevada no 581 H	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 581 H				
Transbordo do óleo dos tanques de óleo desgomado 582 A, B, C e D	Produto retido na bacia de retenção da extracção	2	1	3	6
Conduitas danificadas, com orifícios	Derrame de produto para a bacia de retenção	5	6	3	90

Gases de hexano que saem da miscela:

**Tabela 23 – AMFE aplicado ao circuito dos gases de hexano que saem da miscela no 60A**

1 - 60A, 19C, 58/P19, P19, EQ, 32 A/B 34, P1A, AQ 9, EX 7, Extractor					
Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Falha nos sensores de temperatura do 19 C	Temperatura demasiado elevada no 19 C	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 19 C				
Falha nos sensores de pressão do 19 C	Pressão demasiado elevada no 19 C	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 19 C				
Bomba P19 danificada	Impossibilidade de transferência de condensados do 58/P19 para o EQ	7	6	3	126
Falha nos sensores de temperatura do EQ	Temperatura demasiado elevada no EQ	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no EQ				
Falha nos sensores de pressão do EQ	Pressão demasiado elevada no EQ	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no EQ				
Pressão elevada no 32 A/B 34	Fluidos misturam-se e a separação de fases não é suficiente	8	2	3	48
Interface significativa no 32 A/B 34	O hexano arrasta uma grande quantidade de água e impurezas	8	3	5	120
	O hexano arrasta uma diminuta quantidade de água e impurezas				
Bomba P1A ou P1B danificada	Utilização da bomba que não está danificada P1A ou P1B	3	6	3	54
Falha do sensor de temperatura do AQ 9	Temperatura é regulada pelo outro sensor de temperatura	3	6	3	54

**Tabela 24 – AMFE aplicado ao circuito dos gases que saem da miscela no 60B (equipamentos comuns ao circuito anterior não estão contemplados)**

2 - 60 B, 19 A e B, 58/P19, P19, EQ, 32 A/B 34, P1 A, AQ 9, EX 7, Extractor					
Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Falha nos sensores de temperatura do 19 A ou B	Temperatura demasiado elevada no 19 A ou B	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 19 A ou B				
Falha nos sensores de pressão do 19 A ou B	Pressão demasiado elevada no 19 A ou B	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 19 A ou B				

**Tabela 25 - AMFE aplicado ao circuito dos gases que saem da miscela no 22 (equipamentos comuns aos circuitos anteriores não estão contemplados)**

3 - 22, 23 A, B, C e 541, 58/P19, P19, EQ, 32 A/B 34, P1 A, AQ 9, EX 7, Extractor					
Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Falha nos sensores de temperatura do 23 A, B ou C	Temperatura demasiado elevada no 19 A ou B	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 19 A ou B				
Falha nos sensores de pressão do 23 A, B ou C	Pressão demasiado elevada no 19 A ou B	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 19 A ou B				
Falha nos sensores de temperatura do 541	Temperatura demasiado elevada no 19 A ou B	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 19 A ou B				
Falha nos sensores de pressão do 541	Pressão demasiado elevada no 19 A ou B	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 19 A ou B				

## Extracção - Circuito dos gases

Tabela 26 – AMFE aplicado ao circuito dos gases da extracção

Potenciais falhas	Potenciais efeitos das falhas	Gravidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Compressor 136 danificado	Aumento da pressão na linha processual	8	4	3	96
	Impossibilidade de retirar os gases do processo				
Compressor VAP danificado	Ligeiro aumento da pressão na linha processual	2	4	3	24
Falha do ejector 1	Quebra do vácuo na linha - ejector principal	8	4	3	96
Falha do ejector 2	Ligeira quebra do vácuo na linha - ejector secundário	6	4	3	72
Falha do ejector 4	Ligeira quebra do vácuo na linha da desgomagem	2	4	3	24
Falha nos sensores de temperatura do DT	Temperatura demasiado elevada no DT	5	6	3	90
	Temperatura demasiado baixa no DT				
Falha no sensor de pressão do topo do DT	Pressão demasiado elevada no DT	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no DT				
Falha nos sensores de temperatura da água do 29	Temperatura demasiado elevada da água no 29	3	6	3	54
	Temperatura demasiado baixa da água no 29				
Falha nos sensores de temperatura do 60 A	Temperatura demasiado elevada no 60 A	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 60 A				
Falha nos sensores de pressão do	Pressão demasiado elevada no 60 A	8	5	3	120

60 A	Pressão demasiado baixa no 60 A				
Falha nos sensores de temperatura do EQ	Temperatura demasiado elevada no EQ	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no EQ				
Falha nos sensores de pressão do EQ	Pressão demasiado elevada no EQ	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no EQ				
Falha nos sensores de temperatura do 20 A/B/C	Temperatura demasiado elevada no 20 A/B/C	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 20 A/B/C				
Falha nos sensores de pressão do 20 A/B/C	Pressão demasiado elevada no 20 A/B/C	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 20 A/B/C				
Falha nos sensores de temperatura do 20 D1	Temperatura demasiado elevada no 20 D1	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 20 D1				
Falha nos sensores de pressão do 20 D1	Pressão demasiado elevada no 20 D1	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 20 D1				
Falha nos sensores de temperatura do 520 B	Temperatura demasiado elevada no 520 B	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 520 B				
Falha nos sensores de pressão do 520 B	Pressão demasiado elevada no 520 B	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 520 B				
Falha nos sensores de temperatura do 20 D	Temperatura demasiado elevada no 20 D	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 20 D				
Falha nos sensores de pressão do	Pressão demasiado elevada no 20 D	8	5	3	120

20 D	Pressão demasiado baixa no 20 D				
Falha nos sensores de temperatura do DF 8	Temperatura demasiado elevada no DF 8	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no DF 8				
Falha nos sensores de pressão do DF 8	Pressão demasiado elevada no DF 8	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no DF 8				
Falha nos sensores de temperatura do DF 2	Temperatura demasiado elevada no DF 2	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no DF 2				
Falha nos sensores de pressão do DF 2	Pressão demasiado elevada no DF 2	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no DF 2				
Bomba P 120 danificada	Utilização da bomba que não está danificada P121	3	6	3	54
Falha nos sensores de temperatura do 181 A/2	Temperatura demasiado elevada no permutador de calor 181 A/2	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no permutador de calor 181 A/2				
Falha nos sensores de temperatura do 181 A/1	Temperatura demasiado elevada no permutador de calor 181 A/1	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no permutador de calor 181 A/1				
Falha nos sensores de temperatura do 180	Temperatura demasiado elevada no 180	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 180				
Falha nos sensores de pressão do 180	Pressão demasiado elevada no 180	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa				

	no 180				
Falha nos sensores de temperatura do 122	Temperatura demasiado elevada no 122	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no 122				
Falha nos sensores de pressão do 122	Pressão demasiado elevada no 122	8	5	3	120
	Pressão demasiado baixa no 122				
Bomba P 122 danificada	Utilização da bomba que não está danificada P121	3	6	3	54
Falha nos sensores de temperatura do 181 A/1	Temperatura demasiado elevada no permutador de calor 181 A/1	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no permutador de calor 181 A/1				
Falha nos sensores de temperatura do 181 A/2	Temperatura demasiado elevada no permutador de calor 181 A/2	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no permutador de calor 181 A/2				
Falha nos sensores de temperatura do 181 B	Temperatura demasiado elevada no permutador de calor 181 B	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no permutador de calor 181 B				
Falha nos sensores de temperatura do 181 C	Temperatura demasiado elevada no permutador de calor 181 C	4	6	3	72
	Temperatura demasiado baixa no permutador de calor 181 C				