

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS PRODUÇÃO MAIS LIMPA E ANÁLISE DE MODOS DE EFEITOS E FALHA EM ABATEDOURO-FRIGORÍFICO DE SUÍNOS

J. M. FONSECA^{2*}, A. P. PERES³

¹Recebido em 20/11/2016. Aprovado em 22/05/2017.

²Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, SP.

³Universidade Federal de Lavras, Lavras, M G.

*Autor correspondente: jessicamatosfonseca@yahoo.com.br

RESUMO: Os Programas Produção mais Limpa (P+L) e Análises de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) são ferramentas usadas para melhorar a sustentabilidade de indústrias, garantindo maior rentabilidade, qualidade, confiabilidade e segurança dos seus produtos e serviços. As indústrias de carnes e derivados estão entre as indústrias mais poluidoras, devido ao grande número de resíduos orgânicos gerados durante o processamento da carne. O objetivo deste trabalho foi associar as ferramentas P+L e FMEA e aplicá-las em um abatedouro-frigorífico de suínos, a fim de detectar pontos críticos ao longo da cadeia produtiva, os quais geram grande impacto ambiental e estabelecer ações corretivas e medidas preventivas que possam minimizá-los. Os resultados mostraram que a água é o recurso mais consumido pela indústria e também o maior gerador de resíduos, devido a sua contaminação microbiológica com dejetos e sangue animal e detritos de carne. Todos os impactos se mostraram reais, devido a sua ocorrência diária na indústria, e a severidade, ocorrência, detecção e abrangência dos mesmos foram classificadas em moderada e alta, alta, baixa e moderada, moderada e alta, respectivamente. A aplicação das ferramentas P + L e FMEA mostraram-se eficientes na identificação e avaliação dos impactos ambientais provocados pelo abate e processamento de carcaças de suínos. Os efluentes líquidos do abate e os resíduos sólidos (sangue e ossos) constituem os aspectos ambientais que oferecem maiores riscos para o meio ambiente. A substituição dos produtos químicos da estação de tratamento por micro-organismos decompositores, a compostagem e a produção de farinha e ração animal a partir dos resíduos sólidos são medidas cabíveis que a indústria pode adotar para minimizar a contaminação de mananciais e do solo.

Palavras-chave: controle ambiental, abatedouro-frigorífico, carne suína, qualidade.

APPLICATION OF CLEANER PRODUCTION TOOLS AND FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS IN PIG SLAUGHTERHOUSES

ABSTRACT: Cleaner production programs (CP) and Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) are tools used to improve the sustainability of industries, ensuring greater profitability, quality, reliability and safety of their products and services. The meat industry is among the most polluting industries because of the large amounts of organic waste produced during meat processing. The objective of this study was to combine the CP and FMEA tools and to apply them in a pig slaughterhouse in order to detect critical points along the production chain that have a major environmental impact and to establish corrective and preventive actions that could minimize these problems. The results showed that water is the most consumed resource by the industry and also the main producer of waste due to microbiological contamination with animal feces and blood and meat residues. All impacts were found to be real due to their daily occurrence in the industry. Their severity, occurrence, detection and coverage were classified as moderate and high, high, low and moderate, and moderate and high, respectively. The application of the CP and FMEA tools was efficient in identifying and evaluating

the environmental impacts caused by the slaughter and processing of pork carcasses. Liquid slaughter effluents and solid wastes (blood and bones) are the factors that pose the greatest risks to the environment. The substitution of treatment plant chemicals with decomposing microorganisms, composting, and the production of animal meal and feed from solid waste are appropriate measures the industry could adopt to minimize the contamination of water resources and soil.

Keywords: environmental control, slaughterhouse, pork meat, quality.

INTRODUÇÃO

As indústrias químicas de papel e celulose, ferro e aço, metais, geradoras de eletricidade, automobilísticas e produtos alimentícios, são consideradas as indústrias mais poluidoras. Dentro do setor alimentício, os laticínios e abatedouros-frigoríficos são as indústrias mais poluidoras devido à produção de grande quantidade de efluentes com elevada carga orgânica e gases odoríferos (DONAIRE, 1999; FERROLI *et al.*, 1997).

A cadeia produtiva da carne é um sistema composto por quatro subsistemas, os quais compreendem várias etapas dessa cadeia. O primeiro subsistema são as fazendas de criação de animais, onde os mesmos recebem todos os cuidados e condições necessárias para um crescimento sadio. O segundo subsistema é o abatedouro, o qual envolve as atividades de recepção e confinamento dos animais vivos, abate e refrigeração das carcaças. O terceiro subsistema é a planta de processamento da carne, na qual são realizadas todas as atividades desde a recepção da preparação das carcaças, tratamentos térmicos e de resíduos até o armazenamento final dos produtos cárneos. E por último, o quarto subsistema que é o varejo, o qual se refere aos estabelecimentos de comercialização dos produtos cárneos (açougues, supermercados, etc) (DJEKIC *et al.*, 2015).

Devido ao grande número de etapas que compõem a complexa cadeia produtiva da carne comparada à produção de outros alimentos, presume-se que as indústrias desse setor tenham maior dificuldade para controlar e minimizar os impactos ambientais causados por suas atividades. DJEKIC e TOMASEVIC (2016) fizeram um levantamento sobre trabalhos científicos que estudaram os resíduos gerados e recursos gastos pelas indústrias de produtos cárneos. A maioria dos trabalhos apontou que os maiores impactos ambientais causados pelas suas atividades estão concentrados na contaminação da água e na geração de resíduos sólidos de carnes não comestíveis. Dentre os

recursos que essas indústrias utilizam, a água e a energia elétrica são os mais utilizados. Objetivando a redução desses impactos, algumas ferramentas de qualidade podem ser adotadas pelas indústrias, como os programas Produção mais Limpa (P+L) e Análises de Modos e Efeitos de Falha (FMEA).

O programa P+L adota a aplicação contínua de estratégias econômico-ambientais que visam à elaboração de medidas preventivas para minimização de desperdícios por meio da utilização racional de recursos e da reciclagem, sempre que possível, contribuindo para a redução dos custos de produção e conservação do meio ambiente (RAHIM e RAMAN, 2015; OZTURK *et al.*, 2016). A avaliação do desenvolvimento ambiental e a elaboração de sugestões para sua melhoria são realizadas por meio de indicadores ambientais (CEBDS, 2005). O P+L é composto por 18 etapas e possui certa flexibilidade para que suas etapas possam ser associadas a outras ferramentas de qualidade. SILVA *et al.* (2013) propuseram uma nova metodologia para o programa P+L reforçada por uma integração sistemática com outras ferramentas de qualidade como ciclo PDCA, diagrama de causa e efeito, planilhas de verificação (check lists), gráficos de controle, histogramas, gráfico de Pareto, diagrama de dispersão e estratificação. Esse estudo visou otimizar o planejamento de execução do programa P+L e facilitar a sua implementação, uma vez que a maioria dos projetos empresariais de abordagem preventiva com relação à poluição industrial são empíricos e não estão totalmente integrados no processo de gestão da indústria.

Assim como o P+L, o FMEA está relacionado ao melhoramento da rentabilidade, qualidade, confiabilidade e segurança dos produtos e serviços de uma empresa. O FMEA tem sido aplicado para auxiliar na identificação de pontos críticos, na definição e priorização de ações corretivas de um processo industrial e no estabelecimento de formulários de prevenção de falhas, o qual pode ser aplicado em todo fluxograma de processo. Todos esses dados coletados, permitem a elaboração de

um histórico contendo um fórum de recomendações e de ações para redução de riscos, as quais servem como referências futuras, auxiliando nas análises de futuras falhas (KANIA *et al.*, 2014).

CRUZ e ARAÚJO (2015) aplicaram a metodologia proposta pelo FMEA em um abatedouro-frigorífico de bovinos e constataram que a contaminação do solo e da água são os maiores impactos causados por esse setor ao meio ambiente, devido ao elevado consumo de água e geração de efluentes líquidos. Como ações para a redução de riscos, os autores recomendaram o uso racional da água adotando sistemas de coleta para reutilização de água de lavagem de carcaças no *shoutes* de couros e da lavagem dos filtros do tratamento de água para possível reutilização na higienização do curral. Também recomendaram a troca de mangueiras de aspersão no curral por sistemas mais econômicos de água; e o controle do uso da água nas lavagens dos pisos e no lavador de carcaça por meio de um sistema de sensor.

O objetivo deste trabalho foi otimizar o processo de elaboração de ações sustentáveis para reduzir os impactos ambientais gerados no processamento de carne *in natura* de um abatedouro-frigorífico de suínos. Para isso, as ferramentas P+L e FMEA foram associadas em único programa, a fim de detectar em menor tempo, pontos críticos ao longo da cadeia produtiva, os quais geram grande impacto ambiental e estabelecer ações corretivas e medidas preventivas que possam minimizá-los.

MATERIAL E MÉTODOS

Aplicação da ferramenta produção mais limpa (P+L)

Foi realizado um levantamento dos impactos ambientais ocasionados pelo processamento da carne *in natura* desde o abate de suínos até sua estocagem em um abatedouro-frigorífico de suínos com capacidade de abater 360 por dia e com uma equipe de 120 colaboradores. Em seguida foi realizada uma análise qualitativa e elaboradas ações corretivas e preventivas para minimização dos impactos.

O programa P+L é constituído por 18 etapas (CEBDS, 2005), as quais foram seguidas e aplicadas no processo produtivo da carne *in natura*. Como este trabalho foi qualitativo, somente as etapas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13 e 18 foram executadas, sendo que as etapas 13 e 18 foram executadas utilizando o formulário FMEA. As 18 etapas do programa P+L são: 1) Comprometimento da direção da empresa; 2) Sensibilização dos funcionários; 3) Formação do ecotime; 4) Estabelecimento das metas da P +

L; 5) Pré-avaliação; 6) Elaboração de fluxogramas; 7) Avaliação de entradas e saídas; 8) Definição de indicadores; 9) Avaliação de dados coletados; 10) Identificação de barreiras; 11) Seleção do foco de avaliação e priorização; 12) Elaboração dos balanços de massa e de energia; 13) Avaliação das causas de geração dos resíduos; 14) Geração das opções de P + L; 15) Avaliação técnica, ambiental e econômica; 16) Seleção da opção; 17) Implantação das opções; 18) Elaboração do plano de monitoramento e continuidade.

Na Etapa 1 (Comprometimento da direção da empresa) foi realizado um levantamento das intenções da empresa, pois as mudanças devem ser um desejo da mesma, a qual deve estar comprometida com a realização do projeto e apoiar os funcionários para que o programa prossiga e obtenha sucesso.

Na Etapa 2 (Sensibilização dos funcionários), os funcionários foram conscientizados sobre importância e os benefícios do programa, e incentivados quanto à perspectiva de conviver com os resultados do trabalho. Também foram informados sobre os benefícios que o programa trará a sua saúde, à melhoria do ambiente de trabalho, à manutenção dos postos e à competitividade da empresa no mercado.

Na Etapa 3 (Formação do ecotime) foi construído um ecotime, o qual se trata de uma equipe responsável pelo levantamento de impactos ambientais, elaboração e aplicação de medidas preventivas e corretivas. Primeiro foi confirmado que a empresa estava disposta a adotar ações para garantir um desenvolvimento e melhoria ambiental da mesma, e os colaboradores foram conscientizados por meio de palestras sobre a importância de implantação do programa. O ecotime foi formado por 1 técnico em agropecuária responsável pela supervisão da qualidade, 1 técnico em segurança do trabalho, 1 veterinário responsável pela gerência do frigorífico, 1 engenheiro de produção responsável pela supervisão da produção, 1 técnico ambiental, 1 engenheiro químico e 1 engenheiro de alimentos, o qual liderou a equipe.

Já nas Etapas 4, 5, 6 e 7 (Estabelecimento das metas para P+L, Pré-avaliação, Elaboração de fluxogramas, Avaliação de entradas e saídas) as metas foram estabelecidas pelo ecotime da empresa, com interação de outros setores da indústria. O ecotime observou todos os resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas que eram gerados para realizar uma pré-avaliação dos impactos ambientais ao longo de toda a cadeia produtiva da empresa. Foi elaborado um fluxograma qualitativo global, contendo entradas,

etapas de produção e saídas, os quais correspondem respectivamente ao recurso utilizado, à etapa do processo e ao resíduo gerado nessa etapa, conforme mostrado na Figura 1. Essa etapa também é comum ao FMEA.

Na Etapa 8 (Definição dos indicadores), os indicadores ambientais foram utilizados para expressar o desempenho ambiental da empresa. Foram escolhidos indicadores de acordo com os aspectos ambientais observados durante processo produtivo da indústria. Os indicadores ambientais são: a) Redução do consumo de matéria-prima; b) Redução de resíduos sólidos; c) Redução de resíduos perigosos; d) Redução do consumo de água; e) Redução do consumo de energia; f) Redução da geração de efluente; g) Reciclagem interna (resíduos, emissões e efluentes); h) Reciclagem externa (resíduos, emissões e efluentes); i) Redução da carga orgânica; j) Redução de emissões de gases poluentes; k) Redução de ruído; l) Custos associados a resíduos sólidos; m) Custos associados a efluentes.

Nas Etapas 13 e 18 (Avaliação das causas de geração dos resíduos e elaboração do plano de monitoramento e continuidade do desempenho ambiental), as sugestões para a melhoria do desempenho ambiental da empresa foram elaboradas a partir da interação do projeto de produção mais limpa com o programa FMEA.

Aplicação da ferramenta análise de modos e efeitos de falha (FMEA)

Após o levantamento de resíduos gerados em cada etapa do processo, foi elaborado um plano de monitoramento e continuidade do desempenho ambiental, seguindo a metodologia de RABELO *et al.* (2014) e TRAFIALEK *et al.* (2014). O formulário FMEA apresentado na Tabela 1 contém: a) Descrição das saídas e funções, as quais correspondem aos resíduos gerados durante o processo produtivo e sua origem; b) Tipos de impactos gerados ou que podem vir a ocorrer, os quais podem ser “real” (R),

os quais ocorrem diariamente e “potencial” (P); c) Efeitos desses impactos no meio ambiente, os quais descrevem o recurso afetado (solo, água e ar) e de que maneira está sendo afetado (contaminação, uso irracional); d) Causa do impacto, que descreve as ações que provocam os impactos ambientais; e) Controles atuais que são medidas de controle, as quais já são adotadas pela empresa; f) Coluna SODAR, que corresponde à severidade (S), a ocorrência (O), a detecção (D), a abrangência (A) e os riscos oferecidos pelos impactos (R); g) Controles ambientais e ações recomendadas, os quais se tratam das ações recomendadas à empresa (sugestões) para melhoramento do desempenho ambiental, baseando-se nos indicadores ambientais do programa P+L. Quando a empresa não adota nenhuma medida essa coluna permanece em branco.

A severidade (S), a ocorrência (O), a detecção (D), a abrangência (A) dos impactos são parâmetros que podem ser classificados em importância alta (1), moderada (2) e baixa (3), conforme apresentado nas Tabelas 2 a 5. O risco dos impactos (R) é o produto da multiplicação dos valores de severidade, ocorrência, detecção e abrangência.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento dos aspectos ambientais foi realizado em toda linha de produção industrial: etapas do abate, desossa, miúdos, embalagem e estocagem, incluindo áreas externas como pocilgas, compostagem, caldeira e estação de tratamento de efluentes (ETE). Embora, a ETE já seja uma solução para tratamento de efluentes, ainda pode ser melhorada e por isso foi considerada como etapa do processo.

Por meio do fluxograma qualitativo global (Figura 2) foi definido as entradas de recursos, as saídas de resíduos gerados em cada etapa analisada e os aspectos ambientais, para facilitar

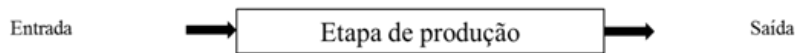


Figura 1. Representação esquemática do fluxograma global qualitativo contendo entrada, etapa de produção e saída, os quais correspondem respectivamente ao recurso utilizado, a cada etapa do processo e ao resíduo gerado nessa etapa.

Tabela 1. Modelo para a construção do FMEA

| Descrição das saídas-funções | Tipo de impacto | Efeito do impacto ambiental | Causa do impacto ambiental | Controles atuais | S O D A R | Controles ambientais e ações recomendadas |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------|---|
|------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------|---|

Tabela 2. Classificação da Severidade do impacto

| | Severidade do impacto | Classificação |
|----------|---|---------------|
| Alta | Produtos muito danosos ao meio ambiente que apresentam as características: corrosividade, reatividade, explosividade, toxicidade, inflamabilidade e patogenicidade. | 3 |
| Moderada | Produtos danosos ao meio ambiente que possuem longo tempo de decomposição, por exemplo: metais, vidros e plásticos. Também é considerada a utilização de recursos naturais. | 2 |
| Baixa | Produtos pouco danosos ao meio ambiente que possuem curto tempo de decomposição, como papelão e tecidos. | 1 |

Tabela 3. Classificação da Ocorrência do impacto

| | Ocorrência do impacto | Classificação |
|----------|--|---------------|
| Alta | O impacto ambiental ocorre diariamente | 3 |
| Moderada | O impacto ambiental ocorre mensalmente | 2 |
| Baixa | O impacto ambiental ocorre semestralmente ou anualmente e tecidos. | 1 |

Tabela 4. Classificação da Ocorrência do impacto

| | Deteção do impacto | Classificação |
|----------|--|---------------|
| Alta | Para deteção do impacto ambiental é necessária a utilização de tecnologias sofisticadas. | 3 |
| Moderada | O impacto ambiental é percebido com a medição de medidores simples | 2 |
| Baixa | O impacto ambiental pode ser percebido visualmente | 1 |

Tabela 5. Classificação da Abrangência do impacto

| | Abrangência do impacto | Classificação |
|----------|--|---------------|
| Alta | O impacto ambiental ocorre fora dos limites da organização | 3 |
| Moderada | O impacto ambiental ocorre dentro dos limites da organização | 2 |
| Baixa | O impacto ambiental ocorre no local onde está sendo realizada a operação | 1 |

RECURSOS UTILIZADOS E RESÍDUOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA

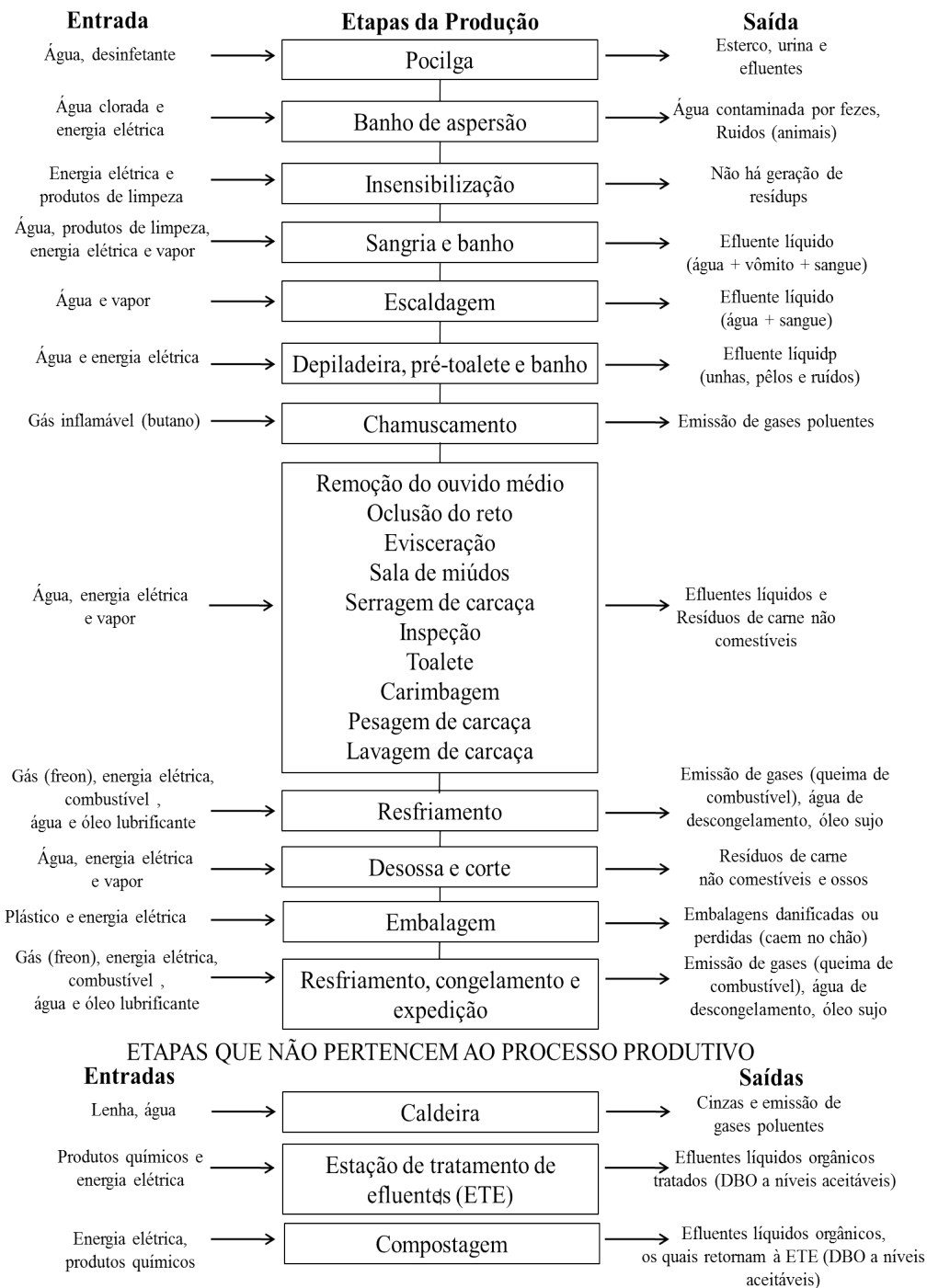


Figura 2. Fluxograma global qualitativo contendo os resíduos gerados em cada etapa produtiva do processamento de carne *in natura* de um abatedouro-frigorífico de suínos.

a escolha dos indicadores de desempenho ambiental da empresa. Para a indústria de carnes em estudo, os indicadores que mais se aplicaram foram: redução de resíduos sólidos, redução de resíduos perigosos, redução do consumo de água, redução do consumo de energia, reciclagem interna- resíduos, emissões e efluentes, redução de carga orgânica, redução de emissões de gases poluentes, redução de ruído, custos associados a resíduos sólidos, custos associados a efluentes. Esses indicadores serviram de base para a elaboração de sugestões de melhoria ou ações recomendadas.

Na análise processual, foi observado que os recursos mais utilizados pela indústria são água, energia térmica e produtos químicos. Com relação à água, a maior utilização é no processo produtivo para a drenagem de sangue pelas canaletas e na higienização de máquinas, equipamentos e instalação. A água escorre de forma contínua durante todo o processo industrial de abate e a higienização é rigorosa, já que altas cargas orgânicas permanecem na instalação e equipamentos após a produção. Também deve ser considerado o consumo de água para geração de vapor pela caldeira, esterilizadores e tanque de escaldagem e banheiros.

A indústria obedece ao Código Nacional das Águas (BRASIL, 1934), o qual trata do consumo de água de forma racional zelando pelos mananciais, e obedece aos princípios da Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011), a qual dispõe sobre as condições e padrões para lançamento de efluente.

A empresa detém o controle sobre o consumo de água por meio de hidrômetros e faz o reaproveitamento parcial da água proveniente do degelo das câmaras frigoríficas para lavagem de caminhões. Porém, para maximizar o uso racional da água, foi sugerido o aproveitamento de água de chuvas para lavagem de área externa e utilização em banheiros, e também realização da aferição periódica dos hidrômetros para garantir sua eficiência na medição e facilitar detecção de vazamentos.

Para o tanque de armazenamento de sangue,

foi recomendado o sistema de limpeza CIP (*Clean in Place*). Esse sistema realiza limpeza e higienização em circuito fechado, com recirculação e reaproveitamento de soluções de limpeza e podem ser automatizados. Esse sistema também pode ser instalado em trechos de tubulações, evaporadores, fogões e digestores (OKANO *et al.*, 2006). O sangue é coletado a cada dia por uma empresa terceirizada.

A indústria requer uma grande demanda de vapor em toda a linha de produção: esterilizadores, tanque de escaldagem e procedimentos de higienização diária da indústria. Além, da manutenção preventiva da caldeira, realizada quinzenalmente pela empresa, foi recomendado manter a lenha utilizada na queima dentro de um depósito seco para não absorver umidade da atmosfera. A lenha seca reduz a quantidade necessária para funcionamento diário da caldeira, aumentando o calor transferido para a água, ocorrendo, conseqüentemente, um aumento no rendimento da queima e da eficiência na geração de vapor (RABELO *et al.*, 2014). Uma vez por ano é realizado um teste para verificar as emissões de gases de caldeira, e a instalação de filtros no equipamento foi recomendada para reduzir a emissão desses gases.

Segundo os administradores do abatedouro-frigorífico, os produtos químicos geram altos gastos para a empresa, constituindo parte considerável da receita. Isso ocorre porque os gastos com produtos químicos não se resumem apenas à higienização das instalações, equipamentos, utensílios e área externa. Parte desses produtos é aplicada na ETE com o objetivo de reduzir a carga orgânica, gordura, nitrogênio e fósforo dos efluentes. A substituição desses produtos químicos por microrganismos decompositores de matéria orgânica seria uma medida mais eficiente e menos dispendiosa para o tratamento dos efluentes líquidos dessa indústria.

Os resíduos sólidos podem ser tanto resíduos de origem animal como ossos, vísceras não comestíveis e sangue, quanto de origem química como óleos lubrificantes e embalagens. Os ossos

e vísceras não comestíveis são destinados para a fabricação de farinhas e ração animal. O material é coletado todos os dias por uma empresa terceirizada e possuem local apropriado para armazenamento até o momento da coleta. Observou-se durante o abate que resíduos cárneos, pelos e unhas acumulam nos ralos e uma quantidade razoável acaba passando pela grade chegando à ETE e dificultando o tratamento de efluentes. Como medida preventiva recomendou-se que os ralos tenham grades com espaços menores, não deixando resíduos sólidos chegarem à tubulação de efluentes líquidos e que a limpeza dos ralos seja realizada com maior frequência.

A empresa possui uma compostagem, onde os resíduos sólidos, incluindo as cinzas da caldeira, são transformados em adubo e o que não foi transformado é destinado à ETE. Como forma de melhor aproveitamento da compostagem foi sugerida a produção de biogás, via digestão anaeróbia. Esse gás pode substituir o gás (butano) utilizado na etapa de chamuscamento, diminuindo a emissão de gases poluentes. Nessa etapa, a adoção de chamuscadores com acionador intermitente reduziria a emissão de gases e consumo de combustível, já que os mesmos são mantidos em funcionamento durante todo o período de abate.

O óleo tem uso controlado, e embalagens inutilizadas também são coletadas por um serviço terceirizado e levadas para incineração, e no caso de embalagens danificadas, mas limpas, podem ser destinadas à reciclagem. O odor é controlado por meio de áreas separadas para armazenamento de resíduos (efluentes líquidos, resíduos sólidos e compostagem) e a refrigeração e agitação do tanque de armazenamento de sangue a 10°C.

Em relação aos ruídos, além daqueles provocados pelos animais, a depiladeira é o equipamento que gera maior ruído na indústria, mesmo realizando a manutenção periódica. O recomendado é a troca do equipamento por um que gere menos ruído e que seja realizada sua manutenção preventiva.

Baseado no fluxograma global de processos, um plano de monitoramento e continuidade do desempenho ambiental do abatedouro-frigorífico de suínos foi elaborado seguindo a metodologia de RABELO *et al.* (2014) e TRAFIALEK *et al.* (2014), conforme apresentado na Tabela 6. Os resultados mostraram que a água é o recurso mais consumido pela indústria e também o maior gerador de resíduos, devido a contaminação com dejetos e sangue animal, e detritos de carne. Todos os impactos foram classificados como reais (R), pois ocorrem diariamente na indústria devido ao abate. A contaminação da água, principalmente microbiológica, foi o principal efeito dos impactos ambientais, devida à elevada carga orgânica no efluente. Portanto, a principal causa desse impacto ambiental está relacionada ao consumo de água no processamento da carne *in natura*, o qual é indispensável. A indústria apresentou medidas de controle para todas as descrições de saídas estudadas, exceto para os gases poluentes emitidos na etapa de chamuscamento. Na coluna SODAR, os impactos foram classificados em severidade moderada (2) ou alta (3) por gerarem elevada carga orgânica (patogenicidade) e contaminação da água, solo e ar e devido à utilização de recursos naturais em abundância. Todos os impactos foram classificados com ocorrência alta (3) porque ocorrem diariamente. Quanto à detecção, os impactos foram classificados em moderados (2) e baixos (1), pois não é necessário o uso de tecnologia avançada para sua detecção. A maioria dos impactos ambientais ocorre dentro dos limites da organização já que a indústria segue normas rigorosas de órgãos de fiscalização federal como SIF (Serviço de Inspeção Federal), MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) e ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). O consumo de lenha foi a única descrição de saída que apresentou abrangência fora dos limites da organização. Portanto quanto à abrangência, os impactos foram classificados em abrangência moderada (2) e alta (3).

Tabela 6. Formulário FMEA para abatedouro-frigorífico de suínos

| Descrição das saídas-funções | Tipo | Efeito do impacto ambiental | Causa do impacto ambiental | Controles atuais | S O D A R | Controles ambientais e ações recomendadas |
|--|------|---------------------------------|---|--|----------------------------------|---|
| Consumo de água | R | Utilização de recursos naturais | Utilização da água no processo | Hidrômetro e conscientização dos funcionários | S-2 O-3 D-2 A-2 R-24 | Estratégias para mini-mizar consumo e reutilizar água (reapro-veitamento de água de chuvas e lavatórios de mãos). |
| Água para higienização de pocilgas e área externa | R | Contaminação da água | Descarte em ribeirão próximo ao local de processamento | Lagoas anaeróbias, aeróbias e produtos químicos | S-3 O-3 D-2 A-2 R-36 | Substituir alguns produtos químicos por micro-organismos decompositores |
| Água proveniente de higienização de equipamentos e instalações | R | Contaminação da água | Descarte em ribeirão próximo ao local de processamento | Lagoas anaeróbias, aeróbias e produtos químicos | S-3 O-3 D-2 A-2 R-36 | Substituir alguns produtos químicos por micro-organismos decompositores |
| Água com alta carga orgânica proveniente do processo | R | Contaminação da água | Descarte em ribeirão próximo ao local de processamento | Lagoas anaeróbias, aeróbias e produtos químicos | S-3 O-3 D-2 A-2 R-36 | Substituir alguns produtos químicos por micro-organismos decompositores |
| Resíduos de carne não comestíveis, sangue e ossos | R | Contaminação do ar e água | Geram mau cheiro e alguns resíduos sólidos podem ultrapassar os ralos das canaletas de drenagem | Refrigeração do sangue, grade nos ralos | S-3 O-3 D-2 A-2 R-36 | Reduzir o diâmetro dos furos da grade dos ralos e refrigerar a câmara de ossos |
| Gases poluentes da caldeira e motores | R | Contaminação do ar | Descarte na atmosfera | Manutenção periódica da caldeira e verificação anual de emissão de gases | S-2 O-3 D-2 A-2 R-24 | Filtros de ar |
| Gases poluentes do chamuscamento | R | Contaminação do ar | Descarte na atmosfera. O fogo é contínuo após a abertura da válvula de gás | - | S-2 O-3 D-2 A-2 R-24 | Colocar um acionador (botão) para ligar o chamuscador de forma intermitente e utilização do biogás como combustível |
| Cinzas geradas na queima da lenha | R | Contaminação da água | Proveniente da queima de lenha da caldeira | As cinzas são destinadas à compostagem | S-2 O-3 D-2 A-2 R-24 | - |
| Consumo de lenha | R | Utilização de recursos naturais | A lenha alimenta a caldeira | Compra de eucalipto destinado à queima | S-2 O-3 D-1 A-3 R-18 | Manter essa lenha em local seco para melhorar seu rendimento durante a queima |

| Descrição das saídas-funções | Tipo | Efeito do impacto ambiental | Causa do impacto ambiental | Controles atuais | S O D A R | Controles ambientais e ações recomendadas |
|--|------|-----------------------------|---|--|----------------------------------|---|
| Embalagens inutilizadas (plástico) | R | Contaminação do solo | As embalagens são coletadas por uma empresa terceirada para incineração | Coleta das embalagens inutilizadas | S-2 O-3 D-1 A-2 R-12 | Reciclagem |
| Efluentes líquidos orgânicos tratados na ETE | R | Contaminação da água | A carga orgânica lançada ao ribeirão está dentro da legislação, porém pode ser reduzida. Os produtos químicos são caros | Utilização de produtos químicos no tratamento de efluente e população microbiana natural do efluente | S-3 O-3 D-2 A-2 R-36 | Substituir alguns produtos químicos por micro-organismos decompositores |

CONCLUSÃO

A aplicação conjunta das ferramentas P+L e FMEA em um único programa mostrou ser eficiente na identificação e avaliação dos impactos ambientais provocados pelo abate e processamento de carcaças de suínos, e também uma ferramenta para rápida identificação e avaliação desses impactos, corroborando às expectativas deste trabalho. Os efluentes líquidos do abate e os resíduos sólidos (sangue e ossos) constituem os aspectos ambientais que oferecem maiores riscos para o meio ambiente. A substituição dos produtos químicos da estação de tratamento por micro-organismos decompositores, a compostagem e a produção de farinha e ração animal a partir dos resíduos sólidos são medidas cabíveis que a indústria pode adotar para minimizar a contaminação de mananciais e do solo.

As ações recomendadas ajudarão a reduzir esses e outros impactos apresentados no decorrer deste trabalho, portanto as medidas de P+L e FMEA trarão benefícios significativos em termos de melhoria de desempenho ambiental e de ganhos econômicos (redução de custos e aumento da competitividade). Porém, é importante verificar que essas medidas não coloquem em risco a segurança dos produtos da empresa.

A implementação das ações recomendadas mostrou ser a etapa mais difícil do processo de minimização dos impactos ambientais, pois ainda é possível observar certa resistência da indústria com relação a adotar algumas ações sustentáveis para o meio ambiente, além das ações que são exigidas

pela legislação. A ação recomendada para controle ambiental, que segundo a indústria em questão, é considerada mais difícil de ser implementada, é a substituição de produtos químicos por microrganismos decompositores na estação de tratamento de efluentes, uma vez que a indústria não tem espaço suficiente para a construção de outras lagoas aeróbias e anaeróbias. Além disso, segunda a indústria seria uma medida mais cara e que aumentaria o tempo de tratamento dos efluentes, o que poderia reduzir a produção, devido ao maior tempo de retenção do efluente nas lagoas.

As iniciativas dos programas P+L e FMEA e a viabilidade das medidas de controle sugeridas devem ser discutidas com as autoridades sanitárias responsáveis pela fiscalização da empresa, para posterior implantação, se aprovadas pelas autoridades mencionadas.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, 13 de maio de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 mai., 2011.
- BRASIL. Decreto nº. 24.643, 10 de julho de 1934. Código nacional das águas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 20 jul., 1934.
- CEBDS - BRAZILIAN BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Cleaner production in micro and small business**. Brasília: SEBRAE, 2005.
- CRUZ, F.P.; ARAÚJO, W.E.L. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais no setor de abate de um frigorífico

- fico em Cachoeira Alta-GO. **Revista Online UniRV**, v.1, p.28-40, 2015.
- DJEKIC, I.; RADOVIC, C.; LUKIC, M.; STANISIC, N.; LILIC, S. Environmental life-cycle assessment in production of pork products. **The first Croatian Meat Journal**, v.17, p.469-476, 2015.
- DJEKIC, I.; TOMASEVIC, I. Environmental impacts of the meat chain- Current status and future perspectives. **Trends in Food Science & Technology**, v.54, p.95-102, 2016.
- DONAIRE, D. **Environmental management in the company**. 2th. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- FERROLI, P.C.M.; FIOD NETO, M.F.; CASAROTTO FILHO, N.C.; CASTRO, J.E.E. Emissões Zero: uma Visão da Metodologia ZERI em Fábricas de Subprodutos de Origem Animal. **Revista Produto & Produção**, v.2, p.66-74, 1997.
- KANIA, A.; ROSZAK, M.; SPILKA, M. Evaluation of FMEA methods used in the environmental management. **Archives of Materials Science and Engineering**, v.65, p.37-44, 2014.
- OKANO, O.; FUZARO, J.A.; BASSOI, L.J. **Guia técnico ambiental de graxarias- série P+L**. São Paulo: CETESB -Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2006.
- OZTURK, E.; KOSEOGLU, H.; KARABOYACI, M.; YIGIY, N.O.; YETIS, U.; KITIS, M. Sustainable textile production: cleaner production assessment/eco-efficiency analysis study in a textile mill. **Journal of Cleaner Production**, v.138, p.248-263, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.071>
- RABELO, M.H.S.; SILVA, E.K.; PERES, A.P. Failure mode and effect analysis for the evaluation of environmental impacts of animal slaughter. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.20, p.1-7, 2014.
- RAHIM, R.; RAMAN, A.A.A. Cleaner production implementation in a production plant. **Journal of Cleaner Production**, v.101, p.215-221, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.065>
- SILVA, D.A.L.; DELAI, I.; CASTRO, M.A.S.; OMETTO, A.R. Quality tools applied to cleaner production programs: a first approach toward a new methodology. **Journal of Cleaner Production**, v.47, p.174-187, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.026>
- TRAFIALEK, J.; KOLANOWSKI, W. Application of failure mode and effect analysis (FMEA) for audit of HACCP system. **Food Control**, v.44, p.35-44, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.03.036>