

PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA GESTÃO DE USO DE ENERGIA ELÉTRICA EM FRIGORÍFICO DE AVES DO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL: UM ESTUDO DE CASO

CLEANER PRODUCTION IN ELECTRIC ENERGY USE MANAGEMENT IN A POULTRY REFRIGERATOR IN THE WEST OF SANTA CATARINA, BRAZIL: A CASE STUDY

Adriana Cioato Ferrazza¹

<https://orcid.org/0000-0001-9387-9920>

Joceli Roque Ferrazza²

<https://orcid.org/0000-0001-8806-5017>

Josiane Maria Muneron de Mello³

<https://orcid.org/0000-0002-0450-6426>

Márcio Antônio Fiori⁴

<https://orcid.org/0000-0002-4292-2068>

Sideney Becker Onofre⁵

<https://orcid.org/0000-0002-0743-4421>

Francieli Dalcanton⁶

<https://orcid.org/0000-0003-0065-1279>

Submetido: 10/05/2021 / Aprovado: 15/08/2022 / Publicado: 01/12/2022.

Resumo

O Brasil é o segundo maior produtor de carne de frango do mundo e o abate de frango depende de um elevado consumo de energia. A gestão eficiente de energia elétrica está diretamente relacionada à conservação dos recursos naturais e a competitividade econômica. Portanto, a produção mais limpa (P+L) é uma ferramenta favorável para otimizar processos e minimizar os impactos ambientais. O objetivo deste trabalho foi implementar a metodologia de P+L para o gerenciamento de energia elétrica em um frigorífico de aves na região oeste de Santa Catarina, Brasil. A implementação dessa metodologia gerou benefícios ambientais, como a melhoria significativa de 4,5% no indicador de energia elétrica em kWh/tonelada do processo de produção de frango, relacionado a todas as oportunidades implementadas. Esse percentual corresponde a economia de mais de 1100 MWh por ano, o que representou um mês de consumo médio de

¹ Doutoranda em Agronegócios - UFRGS. Bolsista Capes N^o 88887.672751/2022-00. E-mail: ferrazzaadriana@gmail.com

² Mestre em Tecnologia e Gestão em Inovação - UNOCHAPECÓ. Engenheiro Mecânico. E-mail: ferrazza@unochapeco.edu.br

³ Doutora em Engenharia Química - UFSC. Professora dos Programas de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Tecnologia e Gestão em Inovação – UNOCHAPECÓ. E-mail: josimello@unochapeco.edu.br

⁴ Doutor em Engenharia Química - UFSC. Professor na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. E-mail: marciofiori@utfpr.edu.br

⁵ Doutor em Processos Biotecnológicos. Professor da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR. E-mail: beckerside@unochapeco.edu.br

⁶ Doutora em Engenharia de Alimentos - UFSC. Professora dos Programas de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Tecnologia e Gestão em Inovação – UNOCHAPECÓ. E-mail: fdalcanton@unochapeco.edu.br



eletricidade de mais de 10 mil domicílios familiares no Brasil, demonstrando desta maneira uma contribuição socioeconômica sustentável. Proporcionou também benefícios econômicos, uma vez que foram identificadas mais de 130 oportunidades, destas, 76% foram implementadas com boas práticas operacionais e baixos investimentos, contribuindo para melhorar o desempenho da empresa.

Palavras-chave: Energia. Sustentabilidade. Abatedouro de aves. Frango de corte.

Abstract

Brazil is the second largest producer of chicken meat in the world and the slaughter of chicken depends on high energy consumption. Electricity reduction is directly related to the conservation of natural resources and economic savings. Therefore, with cleaner production (P + L) being a favorable tool to optimize processes and minimize environmental impacts. The objective of this work was to implement the P + L methodology for the management of electricity in a poultry slaughterhouse in the western region of Santa Catarina, Brazil. The implementation of this methodology generated environmental benefits, such as the significant improvement of 4.5% in the electricity indicator in kWh/ton of the chicken production process, related to all the implemented opportunities. This percentage corresponds to savings of more than 1100 MWh per year, which represents a month of average electricity consumption of more than 10,000 family households in Brazil, demonstrating in this way a sustainable socio-economic contribution. It also provided economic benefits, since more than 130 opportunities were identified, 76% of which were implemented with good operating practices and low investments, contributing to improve the company's performance.

Keywords: Energy. Sustainability. Chicken Slaughterhouse. Broiler.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a posição de destaque na produção mundial de proteína de frango, de cada onze quilos de frango exportados no mundo, aproximadamente quatro quilos são originários do Brasil. A cadeia de produção de frango é responsável pela manutenção de 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos no país (ABPA, 2021). Em 2015, o Brasil superou a China e se tornou o segundo maior produtor de carne de frango. Ainda em 2015, foram produzidas 13.480 mil toneladas, com produção de frango 4,5% superior a 2014 (GOMES, 2016) esses resultados refletem a relevância econômica do setor de frango para o Brasil e o mundo (ABPA, 2021). Tais resultados são possíveis com a industrialização do setor.

A industrialização gerou desenvolvimento econômico significativo e consequências negativas para o meio ambiente (MENG et al., 2017). Entre os fatores que contribuem para o avanço da cadeia produtiva de frango está o aumento da tecnologia utilizada nos processos de transformação e industrialização (WIEDEMANN et al., 2017). O aumento considerável da tecnologia para a produção de alimentos pode ser diretamente correlacionado com o aumento do consumo de energia dos abatedouros (SOUZA et al., 2018). No suprimento e uso de energia, aplica-se o princípio da minimização negativa dos impactos ambientais e até da melhoria do meio ambiente através da produção sustentável (YONG et al., 2017) e a metodologia de gestão integrada, denominada, Produção Mais Limpa (P+L), definida pelo *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO, 2008), como a metodologia de gestão capaz de contribuir

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.6343>

V. 20, N. 1 (2023)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

com a lucratividades por meio da redução de custos de produção, caracteriza-se como uma estratégia ambiental integrada, preventiva e contínua que visa, entre outros pontos, aumentar a eficiência global e reduzir os riscos às pessoas e ao meio ambiente (NUNES et al., 2019)

A P+L aplica-se a processos, produtos e serviços. Alguns exemplos de aplicação aos processos, por meio de conservação de matéria-prima, água e energia, eliminação de substância tóxicas e redução na fonte de quantidade e toxidade das emissões e dos resíduos gerados; aos produtos, aplica-se P+L pela redução de seus impactos negativos ao longo do ciclo de vida; e aos serviços, pela incorporação das questões ambientais em suas fases de planejamento (ZHANG et al., 2017).

Ressalta-se também a contribuição para autoconhecimento da empresa, pois, a metodologia P+L permite à empresa estudar seu processo industrial e desenvolver um sistema de produção eficiente com o gerenciamento de indicadores. Esse monitoramento permite que as empresas identifiquem necessidades como, pesquisa aplicada, informações tecnológicas, aprimoramento de procedimentos, programas de treinamento da equipe, entre outros (CNTL e SENAI, 2003).

Os resultados na melhoria de desempenho com a aplicação de P+L podem ser observados em diferentes pesquisas, dentre tantas, destacam-se: no estudo de caso sobre o uso racional da água no abatedouro de frango no Estado do Paraná (BARANA et al., 2014). Na proposta de implantação de P+L em um grande frigorífico de suínos no Vale do Taquari (BRUSTOLIN e SILVA, 2007). No estudo de caso de P+L na gestão do uso da água em abatedouro de aves no Vale do Taquari (KIST et al., 2009). Na redução de emissões de dióxido de carbono por meio de estratégias de P+L em uma planta para a produção de resinas plásticas recicladas (RAHIM e ABDUL RAMAN 2017). Todas as pesquisas apresentaram resultados positivos com a aplicação da metodologia.

O foco deste estudo é a eficiência energética, o *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO, 2008), define a eficiência energética, como a capacidade de usar menos energia para produzir a mesma quantidade de produto. É intrínseca à produção sustentável, concomitante com a otimização do desempenho ambiental, redução dos custos, identificação de novas oportunidades e motivação à inovação aplicando a metodologia de P+L (MADAN et al., 2015).

Desta forma, o objetivo deste estudo consiste em implementar a metodologia P+L para o gerenciamento de energia elétrica em um abatedouro de frango localizado no oeste de Santa Catarina, sem dependência de investimentos financeiros relevantes, observando resultados econômicos, ambientais e sociais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa consistiu em um estudo de caso aplicado em todos os processos de um abatedouro de aves localizado na região oeste de Santa Catarina, com capacidade de abate de 285.000 aves/dia, mais de dois mil funcionários, com exportação para os cinco continentes. Na mesma unidade industrial, possui o abatedouro de suínos, a fábrica de industrializados e a fábrica de rações. No entanto, o estudo foi direcionado apenas para frangos de corte, sendo o consumo médio diário de energia da referida unidade industrial de aproximadamente 500 MWh.

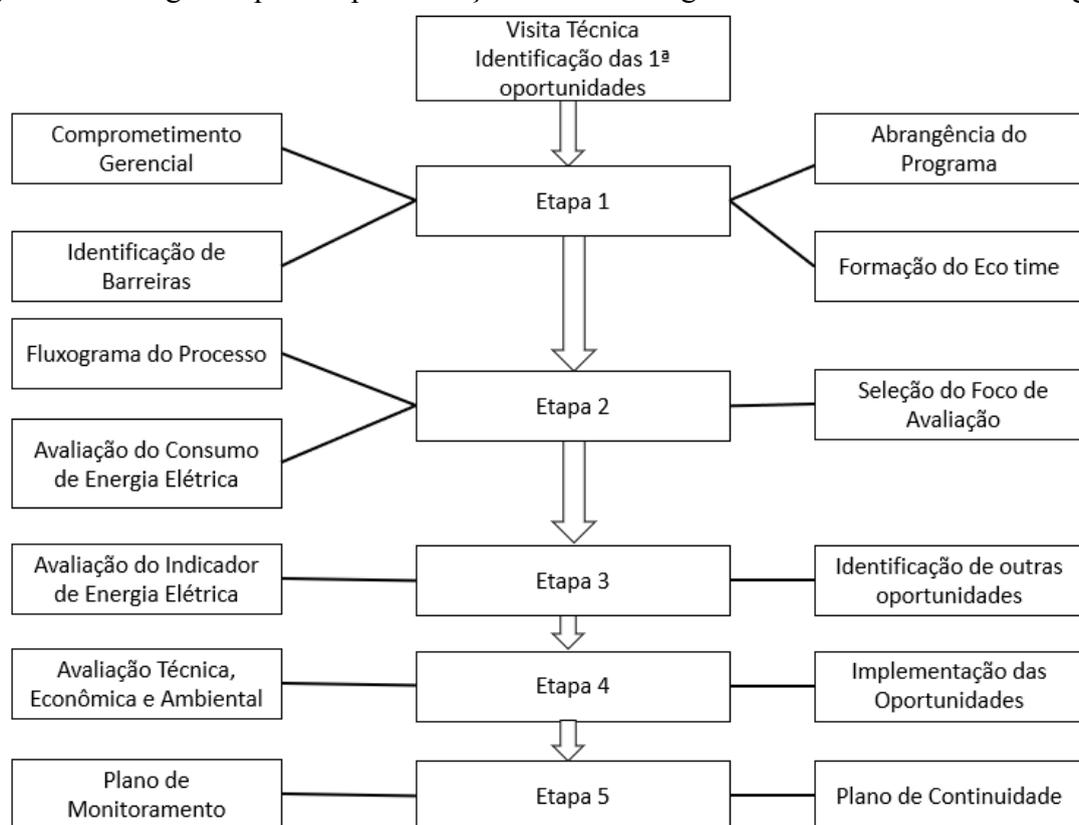
2.1 Implantação da Metodologia P+L



A pesquisa experimental foi realizada de janeiro a dezembro de 2018, com o objetivo de melhorar o indicador de energia elétrica, por meio da implementação da metodologia P+L proposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Centro Nacional de Tecnologias Limpas, com adaptações para este estudo de caso, de acordo com as etapas apresentadas na Figura 1. Além disso, a ferramenta DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) foi utilizado para implementar todas as oportunidades geradas pela P+L (SILVA et al., 2015; TRIMARJOKO et al., 2020).

As etapas para a implementação da metodologia P+L (Figura 1), adaptado de (CNTL e SENAI, 2003), foram: buscar comprometimento gerencial, formar Eco time, avaliar o indicador técnico de energia e avaliar identificar oportunidades no processo produtivo, treinar a equipe na metodologia P+L, selecionar e implementar oportunidades viáveis, avaliar os resultados das oportunidades e implementar o controle para a sustentabilidade das ações. Para fins didáticos, as etapas foram detalhadas na sequência.

Figura 1. Fluxograma para implementação da metodologia P+L no abatedouro de frango*.



*Fonte: adaptado de CNTL e SENAI (2003).

2.2 Identificação das oportunidades

O início do processo de implantação P+L foi acionado apenas pelo facilitador, com a visita técnica na unidade industrial que seria realizada a implantação. Neste estudo, o facilitador é um profissional com conhecimento dos processos industriais do abatedouro de frango, com mais de vinte anos de experiência na agroindústria e com conhecimento em P+L. A visita técnica teve

como objetivo principal identificar algumas oportunidades de melhorias do processo, com o apoio da alta administração.

2.2.1 Etapa 1

Após a visita técnica, foi possível iniciar a Etapa 1 (Figura 1), composta por quatro fases: Na primeira fase da etapa 1, que inclui comprometimento gerencial, a administração apresentou uma estimativa do potencial de ganho de desempenho do processo de produção com a implementação de P+L, sem investimentos significativos. Também foi abordado a necessidade do comprometimento da gerência com a implementação de P+L, a necessidade de suporte, motivação e apoio da equipe.

A identificação das barreiras foi a última fase da etapa 1, que consiste em registrar as dificuldades encontradas pelo Eco time durante a implementação de P+L. Dentre as barreiras, destacam-se: resistência a mudanças dos trabalhadores, limitações técnicas e ausência nas reuniões semanais (falta de comprometimento), entre outras.

2.2.2 Etapa 2

Na etapa 2 (Figura 1), contempla a construção do fluxograma relacionado a cada etapa do processo produtivo, o diagnóstico do consumo de energia elétrica do processo e a seleção do foco da avaliação. Primeiramente, o fluxograma dos principais sistemas do processo produtivo do matadouro de frangos com o consumo de energia elétrica. Na sequência, foi realizada a seleção do foco da avaliação, priorizando os maiores consumidores de energia elétrica no processo produtivo do matadouro de aves; e, em seguida, o consumo de energia elétrica foi avaliado nos principais sistemas de processo de produção.

2.2.3 Etapa 3

Na Etapa 3, foi avaliado o histórico do indicador de energia elétrica (kWh / tonelada) do processo de produção de frango, antes da implementação P+L, ou seja, de janeiro a dezembro do ano de 2017. Esses dados serviram de comparação para o indicador de 2018 durante a implantação de P+L. Na segunda fase da etapa 3, foram apresentadas as oportunidades identificadas na visita técnica pelo facilitador e as oportunidades levantadas pelo Eco time.

2.2.4 Etapa 4

Esta etapa inclui a realização da avaliação técnica, ambiental e econômica de cada oportunidade levantada, tornando a seleção de oportunidades viáveis e as implementando. Na avaliação técnica, foi medido o impacto da oportunidade proposta no processo, as necessidades de mudanças de procedimentos, trabalhadores de manutenção, além do treinamento adicional de técnicos e outras pessoas envolvidas. Na avaliação econômica, foram avaliados os investimentos necessários e os ganhos projetados com as oportunidades a serem implementadas, e a avaliação ambiental analisou as oportunidades de redução do consumo de energia elétrica, que tem como consequência a redução do uso de recursos naturais, redução de impactos ambientais.

Para a classificação e avaliação de cada oportunidade (viável e inviável), foi aplicada a ferramenta DMAIC. Essa ferramenta tem como objetivo principal avaliar a viabilidade da oportunidade para a tomada de decisões, se ela será ou não implementada (TRIMARJOKO et al.,



2020). A metodologia DMAIC consiste em cinco fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (ABAD-MORÁN e TAPIA-MERINO, 2019). Este é um método sistemático de análise de problemas e melhoria de processos para análise de viabilidade e aumento de produtividade (COSTA e ROZENFELD, 2011). As cinco fases do método DMAIC podem ser resumidas da seguinte forma (TRIMARJOKO et al., 2020): definir o problema e o escopo do esforço de trabalho da equipe do projeto; medir o processo ou desempenho atual; identificar quais dados estão disponíveis e qual fonte; analisar o desempenho atual para isolar o problema; controlar (controlar) o processo de melhoria ou desempenho do produto para garantir os objetivos definidos. Após a solução do problema, as melhorias devem ser padronizadas e inseridas no processo e um plano de controle pode ser definido para verificar o desempenho futuro.

Também na Etapa 4, o líder do Eco time realizou o treinamento do seu Eco time com o apoio do facilitador. Com a equipe treinada, os membros do Eco time assumiram a responsabilidade de implementar as oportunidades selecionadas.

Outras oportunidades para reduzir o consumo de energia foram identificadas e avaliadas em conjunto ou individualmente, incluindo custo-benefício, disponibilidade de recursos, mudança de tecnologia e grau de complexidade, durante a implantação de P+L.

2.2.5 Etapa 5

Após implementar as oportunidades de P+L e avaliar os resultados, foi iniciada a Etapa 5 (Figura 1), que consiste em um plano de monitoramento para todas as oportunidades implementadas no processo de produção, por meio de ferramentas de gerenciamento utilizadas em processos industriais, tais como: checklist e gráfico de controle.

O plano de continuidade para a sustentabilidade do programa P+L foi desenvolvido, aplicando o controle de cada oportunidade implementada e concluída no processo produtivo, por meio de uma planilha de Excel® com acompanhamento mensal dos resultados das oportunidades com maior impacto econômico ou mesmo de relevância para o processo de produção.

Após a aplicação das etapas descritas no fluxograma mostrado na Figura 1, a metodologia P+L foi considerada implementada. Nesse ponto, foi importante não apenas avaliar os resultados obtidos, mas, sobretudo, manter os membros efetivos e os suplentes do Eco time motivados e desafiados para que o programa P+L continuasse. Segundo a (CNTL e SENAI, 2003), a empresa deve criar condições para a continuidade do programa através da aplicação de metodologias de trabalho e da criação de ferramentas que permitam a manutenção da cultura estabelecida, bem como sua evolução em conjunto com atividades futuras da empresa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após um ano de implementação da metodologia P+L para o gerenciamento de energia elétrica em todos os processos de um abatedouro de aves, são apresentados os principais resultados obtidos com o trabalho e o comprometimento dos profissionais envolvidos nesse processo.

A visita técnica foi o ponto de partida para a implementação da metodologia P+L. Com o objetivo de identificar as oportunidades e justificar a importância da implementação da metodologia na empresa em estudo. As principais oportunidades identificadas na visita técnica foram ações para reduzir o consumo de energia elétrica nos seguintes equipamentos / setores: Túnel 1 (setor de congelamento); Empacotador de peças de frango no início do turno e intervalos (setor de boxe); Túnel 5 de acordo com a demanda do dia (setor de congelamento); Túnel 5 com



ventilação variável (setor de congelamento); Túnel de ventilação 5 (setor de congelamento); A iluminação da câmara 40 (setor de armazenamento); Adaptar a distribuição de água gelada aos refrigeradores (setor de refrigeradores); Sistema de refrigeração de carcaças de frango (setor de refrigeração); Bombas de glicol (setor de refrigeração); Compressores de ar comprimido (setor de refrigeração); Compressores com os padrões de set point de cada regime de operação (setor de refrigeração); O sistema de vácuo (setor de desossagem).

Entre as oportunidades identificadas na visita técnica, destaca-se as oportunidades encontradas nos setores de congelamento e refrigeração, facilitando a identificação do ganho potencial em sustentabilidade nestes setores com a aplicação da metodologia P+L. Os abatedouros de frango têm uma demanda significativa de eletricidade devido às atividades operacionais, de refrigeração e de equipamentos; no entanto, a refrigeração é a atividade com maior impacto no consumo de energia elétrica (GONZALEZ-RAMIREZ et al., 2018). Essa situação também foi observada neste estudo. O sistema de refrigeração representa 72% do consumo de energia do processo de abate, por este motivo, estudos aplicando a metodologia P+L em indústrias alimentícias, mostram que o consumo de energia elétrica é um indicador que geralmente pode ser otimizado, visando reduzir o consumo e consequentemente reduzir os impactos ambientais (HAFIZ et al., 2016). Ações de P+L podem colaborar na redução dos impactos ambientais, melhorar a eficiência dos processos produtivos das organizações, despertar o comprometimento dos funcionários com as questões sustentáveis, e como consequência, toda sociedade tem ganhos com a economia de energia elétrica pelas empresas produtoras de alimentos.

Exemplos de identificação de oportunidades foram apresentadas por Santos et al. (2015), que em uma visita técnica com aplicação de P+L em uma indústria de laticínios, identificaram oportunidades de redução: desperdício, água e consumo de energia, além de prevenção de acidentes e impactos ambientais (SANTOS et al., 2015). Estudo de aplicação P+L em abatedouro de frango, também identificou a oportunidade de reduzir o consumo de energia, sugerindo a instalação de sensores para controlar a ativação de cinco ventiladores na área receptora de frango, que permanecem continuamente comutados ligado (operação manual) (UECKER, 2013). Em uma proposta de implantação de P+L em um abatedouro de frango orgânico, também identificou oportunidades de redução de energia com a implantação de sensores de presença para apagar as luzes, uso de iluminação natural, lâmpadas econômicas, realização manutenção preventiva (SCHUEROFF, 2013).

As oportunidades identificadas pelo facilitador na visita técnica foram baseadas no conhecimento técnico, na situação atual do estabelecimento e no objetivo específico da implementação de P+L; no entanto, uma característica comum foi observada em todas as oportunidades: buscou-se identificar oportunidades de melhoria e otimização do processo, classificadas como "viáveis": ambiental, econômica e técnica.

3.1 Resultado da Etapa 1

Para justificar a implementação do programa e a metodologia P+L pela instituição, os benefícios foram abordados em três áreas distintas: econômica, social e ambiental, bem como o potencial estimado (pelo facilitador) de uma redução de 3% para 5 % no indicador (kWh / ton) de energia elétrica no processo produtivo.

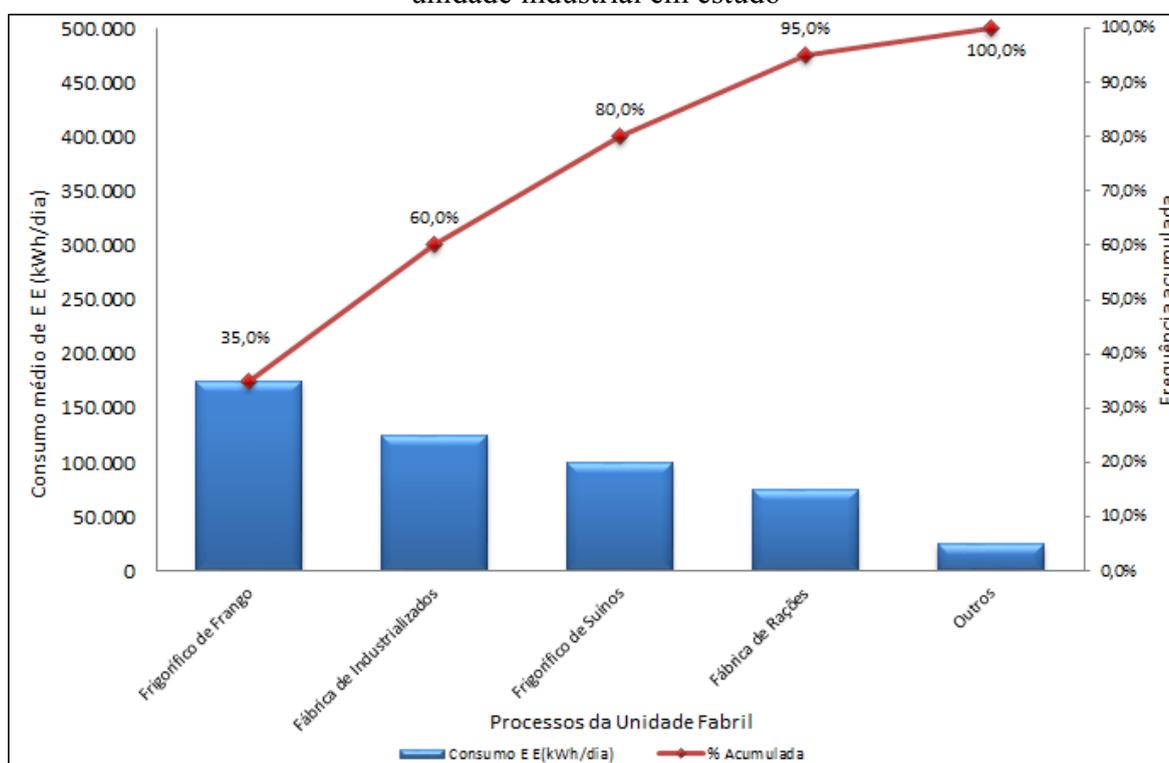
Dentre os maiores consumidores de energia elétrica (KWh / dia) de toda a unidade industrial em estudo, inclui, o abatedouro de frango, abatedouro de suínos, fábrica industrializada, fábrica de ração e outros processos de produção, o abatedouro de frango é o processo da unidade



industrial que consome mais energia elétrica, responsável por 35% do consumo, seguida pela unidade de fabricação de industrializados, conforme Figura 2.

Para a implementação da metodologia P+L no abate de frango, identificado como o maior consumidor de energia (Figura 2), foram selecionados os membros Eco time, observando a interdisciplinaridade das competências dos profissionais desta instituição para coordenar as ações de implementação, com destaque para o conhecimento do processo como motivação para o comprometimento. O Eco time do processo de produção de frango foi formada por: Líder: Supervisor de Processo; Representantes dos setores com maior consumo de energia elétrica; representantes da indústria de refrigeração; Representante do setor de qualidade; Representante de planejamento e controle de produção; Representantes de manutenção; Operadoras dos setores com maior consumo de energia elétrica.

Figura 2. Consumo de energia elétrica em kWh/dia dos diferentes processos produtivos da unidade industrial em estudo



Fonte: elaborado pelos autores.

A formação do Eco time seguiu as considerações apresentadas por Milan e Grazziotin (2012), que em seu estudo de caso sobre a aplicação de P+L a equipe de trabalho foi criada com a pretensão de abranger todos os setores da empresa: direção, produção, manutenção e processo, ou seja, uma equipe multidisciplinar (MILAN e GRAZZIOTIN, 2012). Um Eco time comprometido com as ações do P+L demonstraram ser fundamentais para o resultado positivo das ações aplicadas na empresa. Além disso, essas pessoas serão os disseminadores do P+L dentro da instituição.

As principais barreiras para a implementação de uma P+L na indústria são: 1. Econômico: alto custo de implementação; falta de formação em pesquisa; falta de incentivo político e fiscal; 2.

Organizacional: poucos recursos pessoais; falta de mão de obra; falta de informação; desafios culturais; falta de comprometimento da alta administração; 3. Comportamental: falta de conscientização e conhecimento sobre P+L; 4. Técnicas: barreiras tecnológicas; falta de competência técnica; necessidade de treinamento; 5. Governamental: falta de supervisão ambiental. De todas essas barreiras já identificadas, apenas a necessidade de treinamento foi destacada como uma barreira real, para este estudo de caso, e foi resolvida aplicando o treinamento a todos os membros efetivos e substitutos do Eco time, com disposição do líder e do facilitador, resultando na remoção do mesmo de forma simples e eficaz (PRÁ et al., 2014).

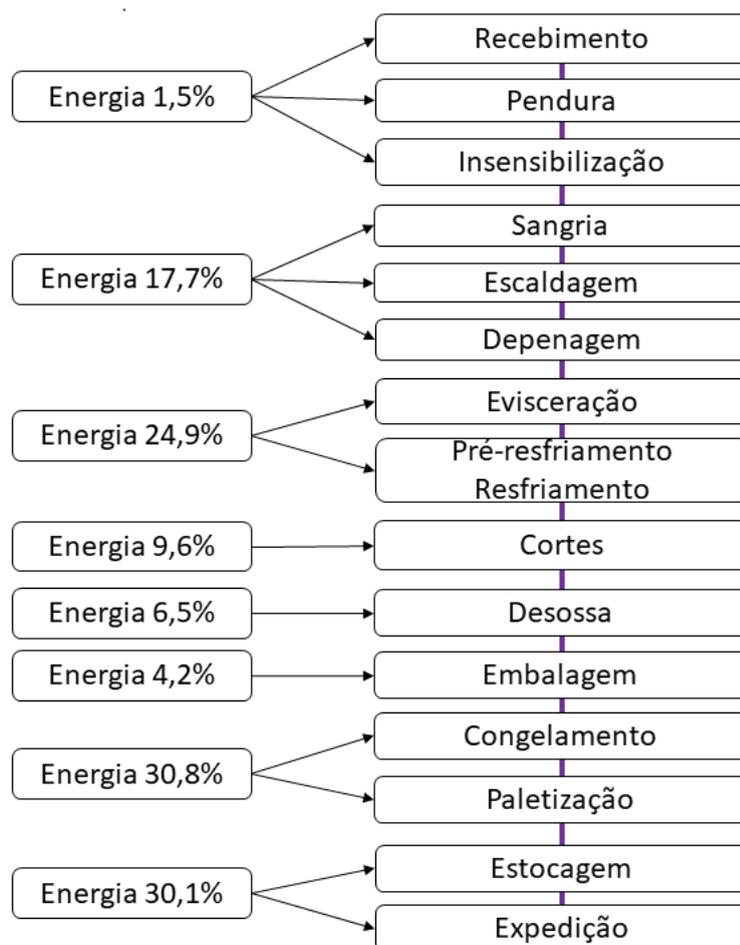
3.2 Resultado da Etapa 2

Na etapa 2 realizou-se a identificação do fluxograma do processo de produção do abatedouro de aves da empresa (Figura 3).

Através do fluxograma (Figura 3), pode-se observar que todas as etapas do processo de produção da unidade industrial em estudo apresentam consumo de energia. O maior consumo ocorreu no setor de congelamento / paletização, seguido pelo setor de evisceração / pré-resfriamento / resfriamento. O sistema de refrigeração, dedicado ao atendimento ao abatedouro de frango, foi responsável por 60% do consumo de eletricidade no ano de 2017 e os outros 40% do consumo de energia elétrica foram relacionados ao consumo dos principais setores do processo de produção do frango (túneis de congelamento, refrigeração e ar-condicionado, evisceração, entre outros). Segundo, a empresa de refrigeração monitora indicadores relacionados aos valores de produção e financeiros. No entanto, possui "poucos" indicadores de eficiência energética para monitorar o consumo de processos específicos, como o setor de refrigeração, podem atingir 97% do consumo total de energia do abatedouro (SCHMIDT e SILVA, 2018). A refrigeração representa entre 60% e 75% do valor da conta de energia elétrica (esse percentual foi muito próximo ao apresentado no presente estudo), sendo o controle do sistema de refrigeração industrial, um dos fatores fundamentais para evitar desperdícios e minimizar os custos de energia (BRUSTOLIN e SILVA, 2007). O sistema de refrigeração representa 58% do consumo de energia elétrica do processo de produção de frango, o que também é próximo ao encontrado no presente estudo (FRITZSON e BERNTSSON, 2006).

Figura 3. Fluxograma do processo produtivo do abatedouro de frangos com o percentual de consumo de energia elétrica

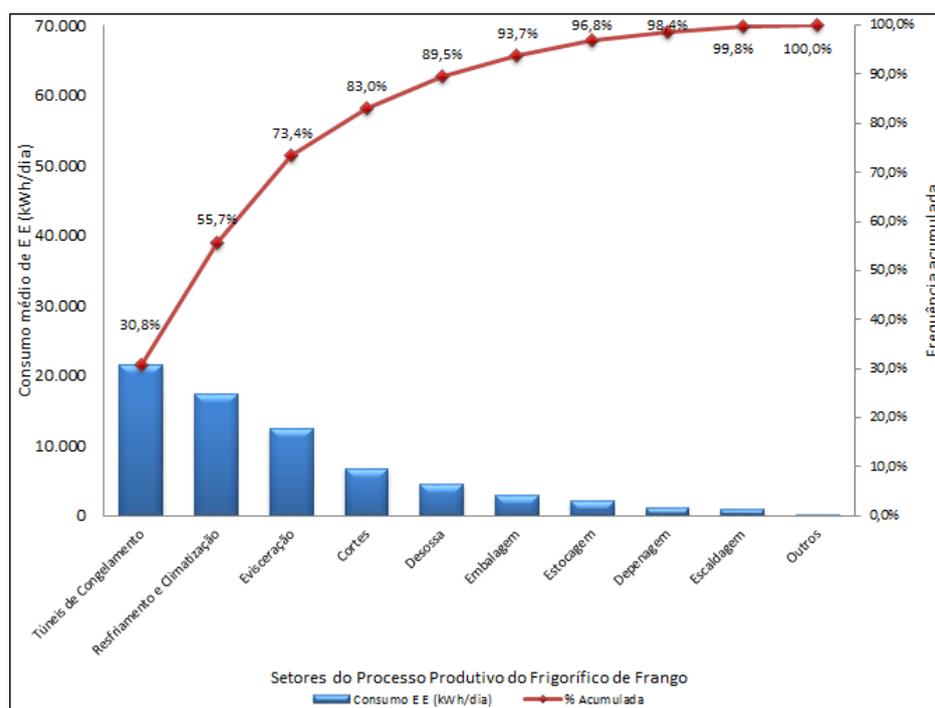




Fonte: elaborado pelos autores.

O consumo de energia elétrica do sistema de refrigeração, que representa 60% do consumo de energia do matadouro de frango, foi detalhado na Figura 4, a fim de identificar o estágio que apresenta o maior consumo de energia elétrica no sistema de refrigeração.

Figura 4. Consumo em kWh /dia para os regimes de congelamento e resfriamento do sistema de refrigeração do processo de produção do abate de frango no ano de 2017



Fonte: elaborado pelos autores.

No sistema de refrigeração, o processo de congelamento (compressores, condensadores, ventiladores e bombas) responde por 66% do consumo de eletricidade e o sistema de refrigeração (compressores, condensadores, ventiladores e bombas) responde por 34%, sendo que nas duas porcentagens foi utilizado o histórico dados do consumo de energia elétrica kWh / dia.

Os túneis de congelamento (ventiladores, bombas, motores e iluminação) são mais relevantes, correspondendo a 31% do consumo geral do processo de produção de frango com energia elétrica e a 25% do sistema de refrigeração e ar-condicionado (refrigeração a água, bombas, evaporadores, ventiladores e válvulas). Com base nesses resultados, a seleção do foco da avaliação foi identificada com a priorização das oportunidades de P+L no sistema de refrigeração e nos setores dos túneis de congelamento e no sistema de refrigeração e ar-condicionado do processo de produção de frango.

3.3 Resultado da Etapa 3

Para a avaliação do indicador técnico de energia elétrica, utilizou-se o banco de dados da empresa, apresentando o histórico do indicador de energia elétrica em kWh/tonelada realizado no ano de 2017 de todo o processo produtivo de frango.

Os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro foram os meses que apresentaram os maiores valores de consumo de energia elétrica, ficando acima do valor médio. Essa é uma característica da região sul, porque esses meses do ano são os de temperatura ambiente mais alta e os meses de junho a setembro apresentam os indicadores de consumo mais baixos, pois são os meses que apresentam as temperaturas ambientes mais baixas. Apresenta um perfil de consumo análogo para um processo de produção de frango na região sul, diferenciando o período do verão com o período do inverno, semelhante ao perfil sazonal (FRITZSON e BERNTSSON, 2006).

3.4 Resultado da Etapa 4

Para a implementação das oportunidades, foi aplicado o treinamento da metodologia P+L e da ferramenta DMAIC para o líder e os membros do Eco time, que serviram de base para a implementação de todas as oportunidades identificadas, o membro do Eco time responsável pela oportunidade teve a responsabilidade de viabilizar a implementação, com a elaboração do plano de ação detalhado da oportunidade identificada, com prazos e responsável por cada ação do plano. Após a conclusão de todas as ações, foram calculados os ganhos reais das oportunidades e implantado o controle sobre as oportunidades. Neste trabalho, evitou-se que cada membro do Eco time trabalhasse com mais de duas oportunidades ao mesmo tempo, a fim de obter maior eficácia dos objetivos das oportunidades. Em estudo de caso sobre o impacto dos seis sigmas no desempenho de um programa de prevenção da poluição em uma empresa multinacional, afirmam que existe uma sinergia entre os seis sigmas e P+L, precisamente na redução de custos, reduzindo perdas de material ou economizando energia (CALIA et al., 2009).

Com a ação efetiva do Eco time e com o passar dos meses, as oportunidades selecionadas foram implementadas e a redução no consumo de energia elétrica pode ser observada. Foram implantadas 99 oportunidades e todas com aplicação da ferramenta DMAIC, sendo que isto representa 76% de todas as oportunidades levantadas na visita técnica e pelo Eco time durante o decorrer da implantação. Somente 9 oportunidades não apresentaram viabilidade técnica, ambiental ou econômica, ou seja, foram canceladas devido seu baixo retorno e necessidade de investimento, representando apenas 10% das oportunidades implantadas. Como processo de P+L foi implantado para perdurar na empresa, através da motivação e desafios para os membros e suplentes do Eco time, existem 7% de oportunidades sendo trabalhadas e acompanhadas através das reuniões semanais e simplesmente 7% das oportunidades paradas aguardando alguma definição ou até mesmo uma melhor análise de viabilidade.

Para Barana et al. (2014), no estudo de caso sobre o uso racional de água no frigorífico de frango no estado do Paraná, implantou 04 oportunidades em 2 meses de implantação da metodologia de P+L, sendo 1 oportunidades sobre o consumo racional no processo produtivo, 1 para modificar os bicos das mangueiras de higienização, 1 para modificar as torneiras da evisceração e a outra para modificar as torneiras das barreiras sanitárias, isso representa uma média de 2 oportunidades por mês, porém no intervalo de tempo pequeno, pois para o estudo de caso desta pesquisa, apresentado na Figura 5, a média é de 8,25 oportunidades por mês implementadas para um período de 12 meses, com as 99 oportunidades implementadas.

Na Tabela 1 apresenta-se o comparativo do consumo relativo de energia elétrica dos macroprocessos: sistema de refrigeração e os setores do processo produtivo do frango.

Tabela 1. Comparativo do consumo relativo de energia elétrica dos macroprocessos antes e depois das oportunidades implementadas.

Setores	Nº de oportunidades Implementadas	Consumo de E.E kWh/dia - antes	Consumo de E.E kWh/dia - depois	Redução de Consumo (%)
Sistema de Refrigeração	32	105.000	100.050	4,71%
Setores do Proc. do Frig. Frango	67	70.000	67.000	4,29%
Total	99	175.000	167.050	
Consumo Relativo %		100	95,5	4,5%

Fonte: elaborado pelos autores.



No sistema de refrigeração foram implementadas 32 oportunidades, que apresentaram uma redução de consumo de energia elétrica de 4,71%. Nos setores do processo produtivo de frango foram implementadas 67 oportunidades, que apresentaram uma redução do consumo de energia elétrica de 4,29%. Isso representou uma redução do consumo relativo geral em todo o processo produtivo de frango foi de 4,5% no comparativo 2017 para 2018.

O resultado do indicador de energia elétrica em kWh/ton do frigorífico de frango gerado em 2018 com a implantação da metodologia de P+L apresentou uma redução no indicador de 514 para 490 kWh/ton representando 4,5% em relação ao mesmo período do ano de 2017, demonstrando a economia financeira e ganho ambiental com as ações aplicadas, e como consequência, beneficiando toda a sociedade pela redução do uso de energia elétrica para a produção dos alimentos. A sociedade continua adquirindo os alimentos desta empresa, porém eles são produzidos de uma maneira mais sustentável, onde todos saem ganhando. Além disso, a economia gerada foi de mais de 1100 MWh por ano, o que representou um mês de consumo médio de eletricidade de mais de 10 mil domicílios familiares no Brasil. Esse percentual de economia ficou muito próximo do estudo de caso aplicado por Barana et al. (2014), obtiveram uma redução de 4% no consumo relativo de água para um período de análise de dois meses.

3.5 Resultado da Etapa 5

O plano de monitoramento e o plano de continuidade foram desenvolvidos com a implementação do controle para as principais oportunidades que geraram ganhos representativos de energia elétrica ou que tem influência no processo produtivo com desafio e mantê-los para a sustentabilidade das oportunidades implementadas pelo Eco time.

Alguns controles foram implementados em outras ferramentas de gestão da empresa, como por exemplo: atividades de inspeção inseridas dentro do módulo de manutenção, para a equipe de manutenção ou até mesmo para o operador do equipamento.

O monitoramento e continuidade dos ganhos individuais das principais oportunidades que geraram ganhos representativos de energia elétrica ou que tem influência no processo produtivo, mensalmente e representado nos meses de abril, agosto e novembro, gerou motivação ao Eco time e comprova a importância de fazer o controle das oportunidades implementadas. As principais oportunidades foram monitoradas mensalmente conforme exemplo da Tabela 2.

Para Bronstrup et al. (2015), na proposta de implantação de P+L em um frigorífico de suínos de grande porte no Vale do Taquari, no interior do Rio Grande do Sul, não foi apresentado um plano de monitoramento após a implantação da metodologia P+L, os autores concluíram que pode haver um enfraquecimento até chegar a ruptura da sequência dos resultados.

A ausência do plano de continuidade dificultou o comparativo com o presente estudo e reforça a importância de estímulos para a continuidade. Portanto, o monitoramento semanal das oportunidades concluídas foi importante não somente avaliar os resultados obtidos, sobretudo, para criar condições para que o programa tenha sua continuidade assegurada através da aplicação da metodologia de trabalho e da criação de ferramentas que possibilitem a sustentabilidade e manutenção da cultura estabelecida, bem como sua evolução em conjunto com as atividades futuras da empresa.



Tabela 2. Exemplo de monitoramento e continuidade dos ganhos estimados de algumas oportunidades de abril, agosto e novembro de 2018.

Exemplo de monitoramento das receitas estimadas mensal de cada oportunidade			Abril	Agosto	Novembro
Nº	Descrição da Oportunidade	Setor	R\$/mês	R\$/mês	R\$/mês
11	Reduzir o consumo de energia elétrica no túnel 1	Congelamento	205	205	205
15	Reduzir ventilação do túnel 5 apenas quanto há produção de frescal	Congelamento	400	400	400
21	Reduzir consumo de energia na entrada do túnel 5	Congelamento	320	320	320
25	Reduzir consumo de energia das esteiras que ficam ligadas nos intervalos do turno 2	Desossa de carcaça	540	540	540
31	Desligar o túnel 2 quanto tiver alta produção de resfriados	Congelamento	650	650	650
37	Reduzir consumo de energia de máquinas e esteiras nos turnos 1 e 2	Desossa de carcaça	440	440	440
42	Reduzir consumo de energia nos compressores de ar comprimido	Refrigeração	4.500	4.500	4.500
45	Reduzir consumo de energia nos compressores com os padrões <i>set point standards</i> de cada regime de operação	Refrigeração	6.500	6.500	6.500
67	Reduzir o consumo de energia no sistema de vácuo	Desossa de carcaça	3.275	3.275	3.275

Fonte: elaborado pelos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a implementação da metodologia de P+L foram observados benefícios ambientais com a melhoria no indicador de energia elétrica em kWh/ton com a redução de 4,5%, benefícios econômicos, gerando economia de 1100 MWh/Ano, totalizando a redução de 275 mil reais/ano no consumo de energia, benefícios tecnológicos com a adoção de tecnologias limpas, benefícios sociais com a valorização do conhecimento técnico, e maior integração dos membros do Eco time. Houveram também barreiras para a implementação do P+L, como: econômicas, organizacionais, comportamentais, principalmente a falta de conscientização e conhecimento sobre P+L, técnicas, governamentais, porém algumas destas barreiras foram solucionadas no presente trabalho e algumas somente serão resolvidas a longo prazo, pela incorporação da cultura de P+L dentro da instituição, tornando o tema sustentabilidade presente em todas as ações realizadas pela empresa.

Vale ressaltar que esse estudo de caso foi o primeiro a ser aplicado na empresa com essa metodologia, e com esses resultados apresentados serviu de estímulo a ser replicado às outras unidades produtoras nacionais e internacionais, gerando grandes benefícios à empresa, sociedade e ao meio ambiente, principalmente pela conservação dos recursos naturais.



5. REFERÊNCIAS

- ABAD-MORÁN, J; TAPIA-MERINO, E. Producción más Limpia (P+L) como estrategia para reducir el consumo energético y de agua en una Planta de Faenamiento de Aves. Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities”. **Anais...** In: Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2019.
- ABPA, Associação Brasileira de proteína Animal. Relatório 2021.
- BARANA, A; BOTELHO, V; WIECHETEK, G; DOLL, M; SIMÕES, D. Rational use of water in a poultry slaughterhouse in the state of Paraná, Brazil: a case study. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 1, p. 171–178, fev. 2014.
- BRUSTOLIN, JR; SILVA, E. Simulação do Processo de congelamento em uma unidade produtora de aves. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...: 1**. In: A energia que move a produção. Foz do Iguaçu, Brasil: ENEGEP, 9 a 11 outubro, 2017.
- CALIA, RC; GUERRINI, FM; DE CASTRO, M. The impact of Six Sigma in the Performance of a Pollution Prevention Program. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 15, p. 1303–1310, out. 2009.
- CNTL; SENAI. **Princípios Básicos de Produção mais Limpa em Matadouros Frigoríficos**. 1. ed. v.1. Rio Grande do Sul: SENAI. 2003.
- COSTA, JMH; ROZENFELD, H. Método de diagnóstico e identificação de oportunidades de melhoria do processo de desenvolvimento de produtos utilizando um padrão de recorrência de efeitos indesejados. **Tese de Doutorado em Engenharia de Produção**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2011.
- FRITZSON, A; BERNTSSON, T. Energy efficiency in the slaughter and meat processing industry—opportunities for improvements in future energy markets. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 4, p. 792–802. 2006.
- GOMES, M. A indústria de frango no Brasil. v.1. ISBN 978-85-61252-24-3. 2016.
- GONZALEZ-RAMIREZ, J; ARORA, P; PODESTA, G. Using Insights from Prospect Theory to Enhance Sustainable Decision Making by Agribusinesses in Argentina. **Sustainability**. v. 10, n. 8, p. 2693. 2018.
- HAFIZ, I; ZULFATTAH, Z; MUNAJAT, N; SAKINAH, A. Cleaner Production Implementation at Chicken Slaughtering Plant. **International Journal of Applied Environmental Sciences**. v. 11, n. 2, p. 515–523, 2016.
- KIST, LT; MOUTAQI, SE; MACHADO, EL. Cleaner production in the management of water use at a poultry slaughterhouse of Vale do Taquari, Brazil: a case study. **Journal of Cleaner Production**. v. 17, n. 13, p. 1200–1205, set. 2009.



MADAN, J; MANI, M; LEE, J; LYONS, K. Energy performance evaluation and improvement of unit-manufacturing processes: injection molding case study. **Journal of Cleaner Production**. v. 105, p. 157–170, out. 2015.

MENG, X; WEN, Z; QIAN, Y; YU, H. Evaluation of cleaner production technology integration for the Chinese herbal medicine industry using carbon flow analysis. **Journal of Cleaner Production**. v. 163, p. 49–57, out. 2017.

MILAN, GS; GRAZZIOTIN, DB. Um estudo sobre a aplicação produção Mais limpa (P+L). **GEPROS**. Gestão da Produção, Operações e Sistemas. Ano 7, n. 1., p. 127-140, jan-mar, 2012.
NUNES, JRR; SILVA, JEAR; MORIS, VAS; GIANNETTI, BF. Cleaner Production in small companies: Proposal of a management methodology. **Journal of Cleaner Production**. v. 218, p. 357–366, maio 2019.

PRÁ, FB; GOURLAT, MCF; D'AQUINO, SF; CAMPOS, LMS; MIGUEL, PAC. Uma análise da aplicação empírica da produção mais limpa na manufatura no Journal of Cleaner Production. **BASE - Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**. v. 11, n. 3, p. 246–258. 2014.

RAHIM, R; ABDUL RAMAN, AA. Carbon dioxide emission reduction through cleaner production strategies in a recycled plastic resins producing plant. **Journal of Cleaner Production**. v. 141, p. 1067–1073, jan. 2017.

SANTOS, FF; ANDRADE, RS; LOPES, RCS; ALMEIDA NETO, JA. Oportunidades de Aplicação da Produção Mais Limpa em um Laticínio no Sul da Bahia. 5th International Workshop | Advances in Cleaner Production– Academic Work. **Anais...: 1**. In: “Cleaner Production Towards A Sustainable Transition”. São Paulo: International Workshop Advances in Cleaner Production, 20-22 maio 2015.

SCHMIDT, NS; SILVA, CL. Pesquisa e Desenvolvimento na Cadeia Produtiva de Frangos de Corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 56, n. 3, p. 467–482, set. 2018.
SCHUEROFF, S. Diagnóstico ambiental e propostas para a aplicação de produção mais limpa (P+L): estudo de caso: abatedouro de frangos orgânicos. **Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Ambiental**. Criciúma: UNESC, dez. 2013.

SILVA, ALE; BRONSTRUP, DE; MORAES, JAR; MACHADO, EL. Proposta de implantação de P+L em um frigorífico de suínos de grande porte. **Revista Monografias Ambientais**. v. 14, n. 2, p. 25–37, jul. 2015.

SOUZA, HC; FEHR, LCFA; TRINDADE, JAS; TAVARES, M. Custos de produção de suínos: estudo nos principais estados produtores do Brasil. XXV Congresso Brasileiro de Custos. **Anais...** In: Associação Brasileira de Custos. Vitória - ES: ABC, dez. 2018.

TRIMARJOKO, A; HARDI PURBA, H; NINDIANI, A. Consistency of Dmaic Phases Implementation on Six Sigma Method In Manufacturing And Service Industry: a Literature Review. **Management and Production Engineering Review**. v. 11, n. 4, p. 34-45, dez. 2020.



UECKER, AD. Produção Mais Limpa em um Frigorífico de Aves: Aplicação da Ferramenta SWOT. **Programa de Pós-Graduação Em Engenharia de Produção**—Santa Maria: UFSM, 2013.

UNIDO. **Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial: Cleaner Production Programme**. Vienna: [s.n.]. 2008.

WIEDEMANN, SG; MCGAHAN, EJ; MURPHY, CM. Resource use and environmental impacts from Australian chicken meat production. **Journal of Cleaner Production**. v. 140, p. 675–684, jan. 2017.

YONG, SP; CHUNG, A; YEAP, W; SALLIS, P. Motion Detection Using Drone's Vision. **Anais...** In: Asia Modelling Symposium (AMS). 11th International Conference On Mathematical Modelling & Computer Simulation. Kota Kinabalu: IEEE, dez. 2017.

ZHANG, Y; REN, S; LIU, Y; SI, S. A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products. **Journal of Cleaner Production**. v. 142, p. 626–641, jan. 2017.

