

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

GIOVANE CALEGARI

**ISO 50001 na Indústria: *Framework* de Implantação, Diretrizes
Estratégicas e Aspectos Governamentais**

Maringá
2022

GIOVANE CALEGARI

**ISO 50001 na Indústria: *Framework* de Implantação, Diretrizes
Estratégicas e Aspectos Governamentais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Engenharia de Produção

Orientador(a): Profa. Dra. Francielle Cristina Fenerich

Coorientador(a): Profa. Dra. Syntia Lemos Cotrim

Maringá
2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

C148i

Calegari, Giovane

ISO 50001 na indústria *framework* de implantação, diretrizes estratégicas e aspectos governamentais Maringá / Giovane Calegari. -- Maringá, PR, 2022.
101 f.: il., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Francielle Cristina Fenerich.

Coorientadora: Profa. Dra. Syntia Lemos Cotrim.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2022.

1. ISO 50001- Sistema de Gestão Energética. 2. *Framework*. 3. Eficiência energética. 4. Diretrizes estratégicas. 5. Indústria. I. Fenerich, Francielle Cristina, orient. II. Cotrim, Syntia Lemos, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. IV. Título.

CDD 23.ed. 658.401

FOLHA DE APROVAÇÃO

GIOVANE CALEGARI

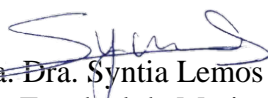
ISO 50001 na Indústria: *Framework* de Implantação, Diretrizes Estratégicas e Aspectos Governamentais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Banca Examinadora composta pelos membros:

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Francielle Cristina Fenerich
Universidade Estadual de Maringá – DEP/UEM



Profa. Dra. Syntia Lemos Cotrim
Universidade Estadual de Maringá – DEP/UEM



Prof. Dr. Marco Antonio Ferreira
Universidade Estadual de Maringá – DEP/UEM



Prof. Dr. André Luiz Gazoli de Oliveira
Universidade Federal do Paraná – Campus Jandaia do Sul

Aprovada em: 06/07/2022

Local da defesa: Sala de Projeção, Bloco 19, *campus* da Universidade Estadual de Maringá e <https://meet.google.com/ejz-rfcv-ekg>

DEDICATÓRIAS

Dedicado aos meus avós Waldemar e Maria Zanco, e Mercedes e Oscar Calegari, por todas as boas memórias que suas lembranças me trazem, e que sempre foram tão importantes em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha esposa, Natalia Ramos Bim, pelo seu apoio incondicional nessa e em todas as jornadas que decidi tomar. Sem os seus conselhos diários e a inspiração que me traz, jamais teria concluído esse trabalho. Obrigado por me motivar a dar sempre o meu melhor.

Agradeço aos meus pais, Edmilso Calegari e Cleide Miriam Zanco Calegari, por me ensinarem desde muito pequeno que o estudo é o melhor caminho para quem deseja o sucesso.

Agradeço também ao meu irmão, Gustavo Calegari, cujas conversas profissionais sempre me trouxeram excelentes ideias.

Deixo um agradecimento especial à minha orientadora, Dra. Francielle Cristina Fenerich, por me desafiar a desenvolver minha pesquisa em uma área diferente da que estou acostumado, e pela paciência, compreensão e suporte nas dificuldades que tive no desenvolvimento do trabalho.

Estendo esse agradecimento especial à minha coorientadora, Dra. Syntia Lemos Cotrim, pelo seu suporte fundamental no último semestre, sem o qual tenho certeza que este trabalho não teria chegado ao fim. Muito obrigado pela sua disponibilidade e pelo que me ensinou.

Agradeço, finalmente, à CAPES pelo apoio financeiro, fundamental para que eu conseguisse me manter no programa e desenvolver minha pesquisa.

ISO 50001 na Indústria: *Framework* de Implantação, Diretrizes Estratégicas e Aspectos Governamentais

RESUMO

A ISO 50001, publicada em 2011, estabelece um Sistema de Gestão Energética (SGE) cujo objetivo é a melhoria contínua da utilização e gestão de energia. Entretanto, nota-se um número ainda pequeno de empresas certificadas em alguns países. Frente a isso, o presente estudo teve o objetivo de definir um *framework* para Implantação da ISO 50001 e Diretrizes Estratégicas de apoio, bem como evidenciar os aspectos governamentais relevantes à implantação da norma. Para isso, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura conforme Denyer e Tranfield (2009), que recuperou 48 estudos de caso de implantação da norma na indústria. Os estudos foram lidos integralmente para levantar atividades de implantação da ISO 50001, Diretrizes Estratégicas e Aspectos Governamentais. As atividades foram classificadas e priorizadas conforme critérios como Aplicabilidade, Complexidade e Importância, e o *framework* foi definido. Posteriormente, o *framework* foi validado por especialistas da área para agregar aspectos práticos e garantir que sua aplicabilidade. Sendo assim, o *framework* contempla os principais procedimentos e atividades que devem ser aplicados e considerados pelas indústrias de maneira a obterem sucesso, considerando também as Diretrizes Estratégicas para a implantação do SGE e os aspectos governamentais envolvidos. Assim, espera-se que mais empresas possam adotar as práticas de Eficiência Energética baseadas na ISO 50001 e se certificarem na norma.

Palavras-chave: ISO 50001. Eficiência Energética. Framework. Diretrizes Estratégicas. Revisão Sistemática de Literatura.

Governmental Aspects, Strategic Guidelines and ISO 50001 Implementation Process in Industry

ABSTRACT

The ISO 50001, published in 2011, establishes an Energy Management System (EMS) whose objective is the continuous improvement of energy use and management. However, there is still a small number of companies certified in some countries. In view of this, the present study aimed to define a framework for the Implementation of ISO 50001 and Strategic Guidelines of support, as well to highlight the governmental aspects relevant to the implementation of the standard. For this, a Systematic Literature Review was carried out according to Denyer and Tranfield (2009), which retrieved 48 case studies of implementation of the standard in the industry. The studies were completely read to survey implementation activities of ISO 50001, Strategic Guidelines and Governmental Aspects. The activities were classified and prioritized according to criteria such as Applicability, Complexity and Importance, and the framework was defined. Subsequently, the framework was validated by experts in the field to add practical aspects and ensure its applicability. Therefore, the framework includes the main procedures and activities that must be applied and considered by the industries in order to be successful, also considering the Strategic Guidelines for the implementation of the SGE and the governmental aspects involved. Thus, it is expected that more companies can adopt Energy Efficiency practices based on ISO 50001 and become certified in the standard.

Keywords: ISO 50001. Energy Efficiency. Framework. Strategic Guidelines. Systematic Review of Literature.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.2 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	Erro! Indicador não definido.
1.3 REVISÃO DE LITERATURA	15
1.3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ISO 50001	11
1.3.2 ESTUDOS E <i>FRAMEWORKS</i> DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001	15
1.4 OBJETIVOS	19
METODOLOGIA	21
2.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	21
2.2 INCENTIVOS OU LEGISLAÇÕES GOVERNAMENTAIS DE FOMENTO A PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	22
2.3 DIRETRIZES ESTRATÉGICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001	23
2.4 PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001	25
DESENVOLVIMENTO	29
3.1 CONSTRUÇÃO DO FRAMEWORK	29
3.1.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	29
3.1.2 INCENTIVOS OU LEGISLAÇÕES GOVERNAMENTAIS DE FOMENTO A PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	37
3.1.3 DIRETRIZES ESTRATÉGICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001	41
3.1.4 DEFINIÇÃO DO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001	44
RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
4.1 PROPOSTA DE <i>FRAMEWORK</i> DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001	60
4.2 FRAMEWORK DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001 APÓS REVISÃO POR ESPECIALISTAS	75
4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICES	88

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O cenário energético global tem se tornado uma preocupação cada vez maior, uma vez que a utilização de energia fóssil traz grandes prejuízos ao meio ambiente e impacta na crescente ameaça que é o aquecimento global (YANG *et al.*, 2014). Além do impacto negativo para o planeta, estima-se que o estoque de petróleo mundial se esgotará por completo até 2042 (SHAFIEE; TOPAL, 2019), o que por consequência aumentará a demanda por outras fontes energéticas. Já em 2030, calcula-se que a demanda global por eletricidade será 40% maior que a atualidade (IEA - *INTERNATIONAL ENERGY AGENCY*, 2020), e sendo a indústria o principal consumidor da matriz energética primária mundial, com aproximadamente 30% do total (IEA, 2021), há no horizonte um cenário desafiador para a manufatura mundial, que deve se preocupar com a obtenção de um desenvolvimento sustentável e, portanto, do balanço entre aspectos ambientais, sociais e econômicos (SCHONSLEBEN *et al.*, 2010). De fato, atualmente os CEOs de todos os setores classificam as questões relacionadas com a energia e o clima como importantes, enquanto antigamente esses tópicos importavam apenas para ambientalistas (SCHONSLEBEN *et al.*, 2010).

Os governantes das maiores economias também já passaram a tratar das questões sustentáveis como prioritárias. Na cúpula da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o clima, realizada em Nova York no ano de 2019, por exemplo, 66 países assinaram um acordo para zerar sua emissão de gases poluentes até 2050. Segundo a *International Energy Agency* (IEA, 2020), esses países somam 24% da emissão de CO₂ do planeta, o que demonstra um

grande compromisso, mas também que ainda há um longo caminho a percorrer. O principal destaque está entre os países europeus, onde todos os países da União Europeia (que representam mais da metade dos países do continente) tem legislações propostas para a redução da emissão de gases poluentes, e países como a Alemanha, Reino Unido e França possuem leis já em vigor (IEA, 2020).

Nesse sentido, a adoção de práticas de gestão e eficiência energética tornam-se cada vez mais importantes para a indústria, sendo uma alternativa para redução de custos e estratégia de sustentabilidade para as empresas (FIEDLER; MIRCEA, 2012). E os resultados da adoção de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) são claros: experiências têm mostrado que mais de 10% dos custos e consumo de energia podem ser reduzidos já nos primeiros anos após a implementação (FIEDLER; MIRCEA, 2012; CARBONTRUST, 2011), e investimentos em eficiência energética podem gerar *paybacks* de menos de três meses em algumas situações (AIZED *et al.*, 2020). Isso possibilita tanto um impacto financeiro relevante nas indústrias que implantam um SGE quanto um impacto positivo no meio ambiente, pela redução de utilização de recursos na manufatura.

1.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ISO 50001

Apesar da primeira publicação da norma ISO 50001 ter ocorrido em 2011, encontram-se estudos sobre Sistemas de Gestão Energética na literatura muito antes disso. Em 1983, por exemplo, Jenne e Cattell (1983) desenvolveram uma pesquisa sobre as mudanças no consumo de energia pela indústria, considerando o período de 1968 a 1980 e refletindo sobre a crise do petróleo de 1973. Para essa análise, os autores utilizaram como indicador a energia utilizada em relação à quantidade produzida de diversos setores da indústria britânica (alimentos, tabaco, metalmecânica, têxtil, cimento, papel etc.), e notaram uma tendência de alta na eficiência do uso de energia (JENNE; CATTEL, 1983) como uma das causas para redução do indicador, sendo essa tendência observada na maior parte dos setores (JENNE; CATTEL, 1983).

Progredindo para 1985, King (1985) fala sobre o aumento da eficiência energética devido a tecnologias e projetos implantados nos processos industriais britânicos, suficientes para reduzir o equivalente a 7 toneladas de carvão por ano. Para conduzir seu estudo, King (1985) utiliza como base os projetos submetidos a um programa de incentivo a inovações no consumo de energia promovido pela *Energy Efficiency Office* (EEO) no Reino Unido. O estudo demonstra que na época, quando as principais matrizes energéticas do país eram o petróleo e o gás natural, a indústria era responsável por 35% do consumo de energia total (KING, 1985). E

de todas as atividades industriais, o processamento de materiais é o que mais consome energia, responsável por cerca de três quartos do consumo total, o que indica que as melhorias adquiridas nesses processos serão mais eficazes em proporcionar resultados para as empresas (KING, 1985).

A preocupação e compromisso da indústria em reduzir a utilização de energia observada nos dois estudos anteriores estende-se pelos anos seguintes, quando também a utilização de energia elétrica começa a ser questionada e analisada, e encontram-se os primeiros estudos tratando de planejamento e programação de utilização de recursos, como é o caso de Hobbs (1995). No estudo, o autor propõe um framework de planejamento de utilização de energia, contemplando etapas como planejamento de utilização de energia para longo prazo, planejamento da distribuição e utilização de energia na produção, cronograma de reabastecimento de combustível periódico da operação, utilização de estabilizadores de voltagem e do equilíbrio de utilização de energia (HOBBS, 1995). Por fim, o estudo também propõe um modelo de Programação Linear mista inteira para geração e utilização de energia de modo a minimizar os custos e quantidade de energia utilizada para operação (HOBBS, 1995).

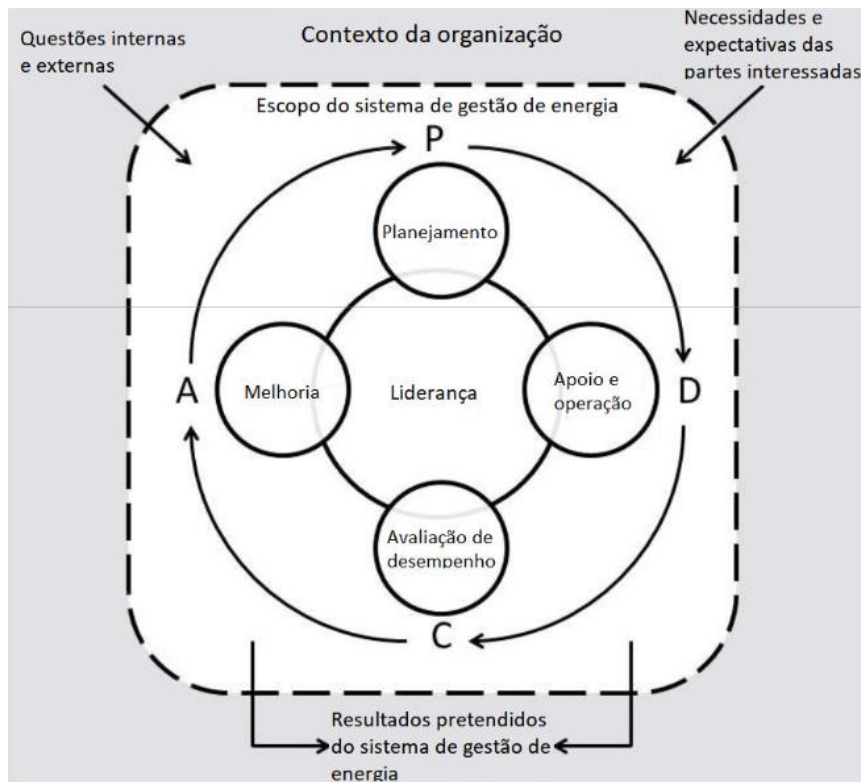
A preocupação das indústrias com a utilização de energia, restringe-se, até então, à perspectiva da redução de custos e aumento da produtividade, e os estudos publicados buscam relatar e garantir os reais resultados do aumento da eficiência energética. Greening *et al.* (2000), em específico, elaboraram um estudo sobre o chamado “efeito rebote”, para investigar se, apesar da redução de utilização de energia nas indústrias devido ao aumento de sua eficiência, não há reflexo na alta de preços para aquisição de energia. Deste modo, caso isso se demonstrasse verdadeiro, mesmo que a indústria reduzisse a utilização, devido ao aumento de preço pelos geradores de energia, a redução de custos não ocorreria na prática (GREENING *et al.*, 2000). Para avaliar a possibilidade de existência do efeito rebote, o estudo executou uma revisão da literatura clássica dos Estados Unidos, concluindo que apesar de existir, o efeito rebote ocorre de maneira leve ou moderada (GREENING *et al.*, 2000).

Nota-se até o momento a preocupação das indústrias com a utilização de energia no que tange aos custos que isso gera para a operação, e predominantemente estudos abordando as fontes convencionais de energia (petróleo, gás natural, carvão). A partir do século 21, porém, as questões sustentáveis também começam a ser colocadas em pauta, como é o caso de Lund (2007), cujo estudo avalia a viabilidade e tecnologias necessárias para a migração de 100% das fontes energéticas na Dinamarca para fontes renováveis. Utilizando o modelo de análise de sistemas de energia *EnergyPLAN*, o estudo conclui alguns importantes pontos para que essa migração seja viável: substituição do petróleo como fonte energética primária no segmento de

transporte e logística por energia elétrica, a instalação de fábricas de produção de calor e energia combinados, e inclusão de turbinas eólicas na regulação de tensão e frequência de fornecimento de eletricidade (LUND, 2007).

A partir de 2011, com a publicação e aderência à ISO 50001 pelas empresas e aumento do interesse quanto a questões energéticas na indústria, nota-se o aumento do número de estudos de caso e frameworks propostos para a implantação de um SGE. O Sistema de Gestão Energética proposto na norma, assim como outras normas da ISO, é baseado na metodologia PDCA (ISO, 2018), cujo objetivo é a melhoria contínua de processos ou sistemas, de modo a atingir melhores resultados e corrigir falhas continuamente (CAMPOS, 2013). A Figura 3 esclarece o ciclo de gestão proposto pela norma ISO 50001 para um Sistema de Gestão Energética:

Figura 1 – Sistema Plan-Do-Check-Act



Fonte: ISO 50001:2018

Conforme a Figura 1, o que a norma propõe é que ao estabelecer um Sistema de Gestão Energética (SGE), a empresa, primeiro entenda seu contexto estratégico (quais as necessidades dos acionistas e dos clientes quanto à perspectiva da gestão energética), bem como interesses externos (legislações, ações governamentais) para então planejar os objetivos de seu SGE, executar esse planejamento e avaliar seu desempenho, e então realizar melhorias para planejar novos objetivos e metas de utilização e eficiência energética, tudo isso conduzido e suportado

por uma equipe de gestão energética e pela liderança da empresa (ISO, 2018). A norma possibilita às organizações resultados progressivos na busca pela redução de consumo energético, e é atualmente o padrão internacional mais conhecido em se tratando de SGE (FUCHS *et al.*, 2020).

De fato, desde sua publicação, o interesse pela adoção do SGE proposto na norma tem sido crescente pelas empresas, especialmente em países onde há o maior número de estudos publicados quanto à ISO 50001, dentre eles China, Alemanha, Suécia e Estados Unidos (SCHULZE *et al.*, 2015). A evidência de que a publicação da ISO 50001 foi bem aceita pelas empresas é exemplificada pelo número de organizações em todo o mundo que afirmam ser as primeiras em seu país ou setor a adotar o novo Padrão Internacional ISO de gestão de energia, e várias organizações relatam benefícios significativos e economia de custos de energia desde sua implementação inicial (ISO, 2011). Estima-se que sua aplicação pode impactar em até 60% da utilização mundial de energia, devido à sua aplicabilidade em diversos setores (ISO, 2011).

De modo a investigar e entender os motivos que levam as empresas a adotarem o SGE proposto pela ISO e suas dificuldades em implantá-lo, Marimon e Casadesús (2017) realizaram um estudo com 57 das 87 empresas certificadas da Espanha em 2017. No estudo, os participantes receberam um questionário estruturado com quatro seções: Informações Gerais, Motivações para Adoção da ISO 50001, Processo de Adoção da ISO 50001 e Resultados da Implantação (MARIMON, CASADESÚS; 2017). O questionário foi estruturado combinando questões de resposta aberta e questões avaliativas conforme a escala de Likert, que fornece opções de classificação para uma afirmação de “1 - sem efeito” a “5 – totalmente importante” (MARIMON, CASADESÚS; 2017).

Como resultado, foi identificado que fatores internos (como redução da emissão de gases do efeito estufa, os impactos das mudanças climáticas e aumento dos custos de energia) são mais relevantes para a adoção da ISO 50001 do que fatores externos (como pressão de clientes ou concorrentes, ou incentivos concedidos pela administração pública), embora estejam ambos presentes (MARIMON, CASADESÚS; 2017). Ainda, os autores concluíram que há poucas dificuldades na implantação do SGE proposto pela norma, que apesar disso estão concentradas em dificuldades operacionais (como necessidade de altos investimentos financeiros, complexidade dos dados ou necessidade de medição contínua de desempenho). De fato, talvez isso se deva ao fato de que 85% das empresas participantes do estudo já fossem adotantes da ISO 9001 e 14001 antes de adotarem a ISO 50001 (MARIMON, CASADESÚS; 2017).

1.3 REVISÃO DE LITERATURA

1.3.1 ESTUDOS E *FRAMEWORKS* DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001

Encontram-se *frameworks* propostos na literatura após a publicação da ISO 50001, estruturados baseando-se na literatura prévia existente, como é o caso de Bunse *et al.* (2011), estudo em que os autores analisaram as ferramentas e conceitos existentes na literatura para medição, controle e melhoria na gestão de produção. Além disso, os autores também verificaram com alguns especialistas, se as ferramentas presentes na literatura estavam sendo aplicadas na prática, e identificaram um *gap* em sua implantação (BUNSE *et al.*; 2011).

Já Vikhorev *et al.* (2013) desenvolveram um estudo focado na coleta, medição e análise de dados de consumo energético na indústria, propondo um *framework* que orienta indústrias quanto à troca de informações sobre energia, sua análise *online* e exibição em painéis de monitoramento. Gopalakrishnan *et al.* (2014) desenvolveram uma metodologia padrão para adequação utilizando fluxos visuais e um *software* chamado *ISO 50001 Analyser*.

Há também estudos que analisam aspectos mais abrangentes quanto à adoção de Sistemas de Gestão Energética (SGEs), como é o caso de Schulze *et al.* (2015), que realizaram uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) para identificar cinco elementos chave para o sucesso na implantação de práticas de Gestão de Energia, sendo eles estratégia e planejamento, implementação e operação, controle, organização e cultura (SCHULZE *et al.*; 2015). Também é o caso de Menghi *et al.* (2019), que desenvolveram uma RSL para fornecer uma imagem do estado atual da pesquisa científica e identificar os trabalhos científicos que podem ajudar os profissionais da indústria na Gestão de Energia.

Todos esses estudos definem modelos ou ferramentas para um SGE com base na literatura, embora não o testem na prática em ambientes industriais. Em contrapartida, há na literatura estudos de caso da utilização de SGEs na indústria que poderiam ser utilizados para obter novas conclusões sobre a ISO 50001 e Sistemas de Gestão Energética com enfoque nas experiências práticas e resultados obtidos, como é o caso de Aized *et al.* (2020), que desenvolveram um estudo de caso em uma grande indústria têxtil do Paquistão, identificando indicadores de desempenho energético e estabelecendo objetivos de redução de consumo de vapor nos processos da indústria. Com a implantação do SGE, essa indústria teve a possibilidade de economizar aproximadamente 15 milhões de rúpias anualmente, com o investimento de aproximadamente 2 milhões de rúpias (AIZED *et al.*; 2020).

Hariadidp e Mahandari (2020) executaram o projeto do sistema de energia e

implementaram um Sistema de Gestão Energética focado em abranger tanto aspectos práticos quanto estratégicos de eficiência energética, obtendo resultados de fácil aplicação na indústria (HARIADIDP, MAHANDARI; 2020). Já Usman e Windijarto (2020) utilizaram o Método Delphi para definirem uma estrutura de Melhoria Contínua (PDCA) para ser utilizada na redução de consumo de energia.

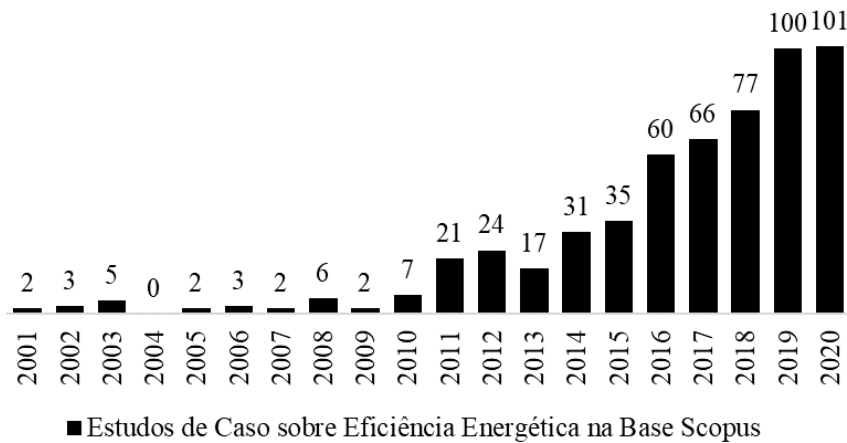
Lee e Cheng (2016) elaboraram um estudo rico em informações sobre casos práticos de implantação de SGE, utilizando como base de dados 305 casos de diversos segmentos para avaliar os resultados obtidos em eficiência e redução de utilização de energia nas empresas estudadas. Os autores realizaram uma Revisão Sistemática de Literatura para encontrar os estudos de caso publicados de 1907 a 2014 na base *Science Direct Online*, restringindo a publicações que contenham a informação quantificada quanto à redução na utilização de energia em indústrias e construção civil (LEE; CHENG, 2016). Como resultado, Lee e Cheng (2016) identificaram reduções relevantes no consumo de energia com a implantação de um SGE em sistemas de iluminação (39,5%), sistemas de aquecimento ou refrigeração (14,07%) e em motores e equipamentos (16,66%). Além disso, trazem como perspectiva para o futuro dos Sistemas de Gestão Energética a integração com redes inteligentes de geração e armazenamento de energia, avaliando a variação de custo e demanda durante o dia ou período e convergindo o planejamento de produção com o planejamento de energia (LEE; CHENG, 2016). Trata-se, portanto, de um estudo que entrega um grande panorama sobre SGEs ao redor do mundo, mas que não detalha os procedimentos utilizados para obter os resultados registrados.

Fuchs *et al.* (2020) é outro estudo que utiliza como base cases de utilização de SGEs na indústria. Os autores realizaram uma análise de 72 cases de implantação da ISO 50001 submetidos ao primeiro prêmio anual *Energy Management Leadership Awards*, organizado pela *Clean Energy Ministerial* em 2016 (FUCHS *et al.*, 2020). Houve a utilização de *Big Data* para destacar as expressões que mais apareceram nos cases dentro de categorias (como Motivação e Objetivos, Papel da Gestão, Benefícios Alcançados, Chave para Sucesso e Desafios), o que possibilitou a obtenção de um panorama geral, dentre outros fatores, da motivação das empresas ao adotarem a ISO 50001, os benefícios alcançados e os principais pontos levados em consideração nos cases analisados (FUCHS *et al.*, 2020). Dentre os resultados obtidos, os autores destacam que entre 85% e 92% dos cases analisados citaram o envolvimento e suporte da alta gestão e a cultura de consciência energética na empresa na implantação de um SGE, sendo princípios tão relevantes, por exemplo, quanto a cultura de redução de custos, que foi citada em 85% dos estudos (FUCHS *et al.*, 2020).

1.4 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

Apesar dos benefícios da adoção de um SGE já citados, nota-se que a adoção de práticas de Eficiência Energética nas empresas é um fato contemporâneo, como é possível notar na Figura 2, que demonstra o número anual de estudos de caso existentes na base de dados Scopus com o termo “eficiência energética” desde o ano 2000.

Figura 2 – Número de Estudos de Caso sobre Eficiência Energética na base Scopus.

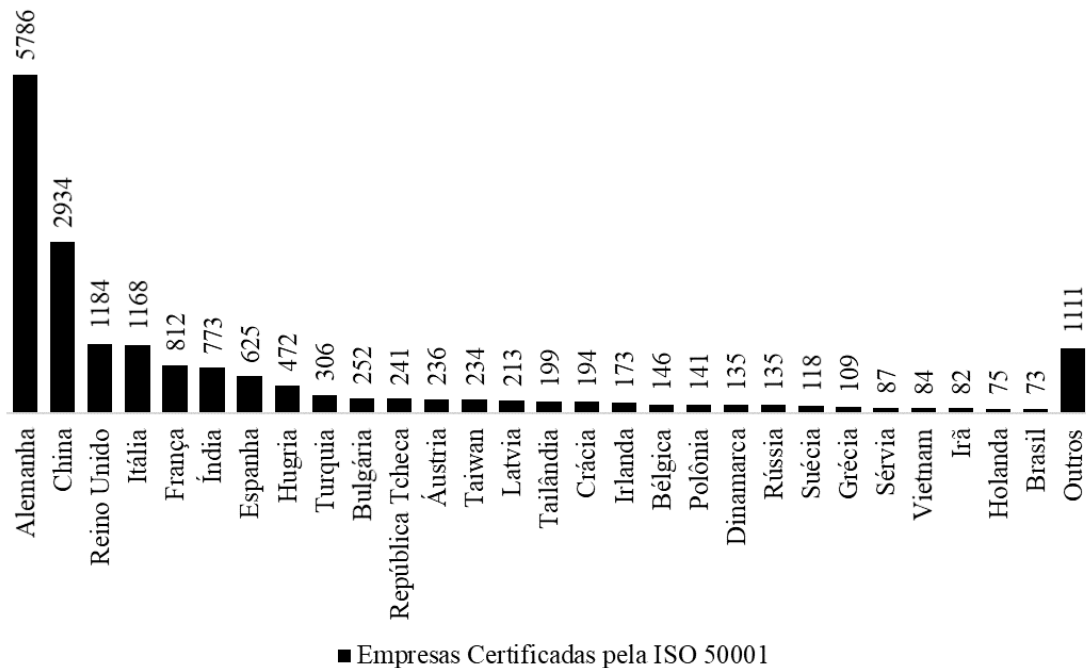


Fonte: Do autor, obtido na base de dados Scopus (2021).

Nota-se que o número de publicações se manteve sem crescimento relevante até o ano de 2010, mas há uma progressão no número de estudos de caso até o ano de 2020. Em 2011 ocorreu um importante fato em se tratando de Eficiência Energética, e que deu ao assunto uma maior visibilidade: em correspondência à relevância da eficiência energética para a indústria e ganho de importância no tema quanto à redução dos impactos ambientais gerados, em 2011 a *International Organization for Standardization (ISO)* estabelece sua norma e certificação “ISO 50001 - Sistemas de gestão da energia: Requisitos com orientações para uso”, um sistema de melhoria contínua na gestão de energia que visa levar a reduções das emissões de gases de efeito estufa e do custo de energia por meio de uma gestão sistemática da energia (ISO, 2018).

Apesar do interesse crescente das indústrias, ainda é possível observar a necessidade de avanços na literatura sobre o tema, para auxiliar as empresas em sua implementação. Isso fica claro ao observar os resultados da pesquisa *ISO Survey* (ISO, 2019), um levantamento executado anualmente pela ISO para avaliar os números das certificações emitidas para cada norma. Se tratando da ISO 50001, o principal ponto de atenção refere-se à discrepância entre os países no número de empresas certificadas, como é possível observar na Figura 2.

Figura 3 – Número de Empresas Certificadas pela ISO 50001 em 2019.



Fonte: *ISO Survey* 2019. Disponível em: <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>

Observando a Figura 3, nota-se que em comparação à Alemanha, os demais países ainda têm muito o que progredir quanto à adoção de um SGE nas empresas, mas também que há empresas suficientes com a certificação para existir uma gama de boas práticas que auxiliem as empresas que ainda não adotaram um Sistema de Gestão Energética. Deste modo, torna-se necessário apoiar as indústrias na implantação do SGE da ISO 50001, pois a publicação ainda recente da norma, e os dados da própria ISO indicam que há países muito mais desenvolvidos do que outros.

Portanto, nota-se que há ainda um número reduzido de empresas com o SGE da ISO 50001 implantado na maioria dos países. Observando as questões ambientais e energéticas, seria de grande importância acelerar a implantação da norma no máximo de empresas possível, visando a sustentabilidade do planeta e a redução da utilização de combustíveis fósseis. Sendo a indústria a principal consumidora de energia, tratam-se também das principais interessadas na implantação da norma, que é de publicação recente e por isso possivelmente ainda haja dificuldade em sua adoção, apesar de existir literatura sobre casos de sucesso.

Nota-se, portanto, que Eficiência Energética e Sistema de Gestão Energética são temas amplamente abordados na literatura, inclusive com a existência de estudos de casos práticos. Em contrapartida, a norma ISO 50001 tem apenas onze anos e a utilização de energia é um assunto cada vez mais relevante, deste modo sendo necessários estudos que auxiliem na

implantação da norma. Como visto, existem *frameworks* e ferramentas de gestão energética propostos com base na literatura, mas há um *gap* em se tratando de *frameworks* baseados em casos práticos de sucesso na indústria, e os *frameworks* propostos possuem foco em algumas das etapas do SGE da ISO, como medição e indicadores, criação de objetivos etc., sem a proposta de implantação completa da norma. Esses são os *gaps* que o presente estudo visa preencher, utilizando somente estudos de caso da literatura existente para definição de atividades para implantação de todo o SGE da ISO 50001, o que será validado por especialistas da área para agregar aspectos práticos e garantir que seja um *framework* aplicável, pois estará embasado em aplicações e opinião especializada sobre a norma.

Além disso, existem lacunas na literatura quanto aos aspectos governamentais envolvidos na implantação da norma, e quanto a diretrizes estratégicas para sua adoção, que pretendem ser preenchidas com o presente estudo. De fato, não há *frameworks* propostos que tragam uma visão globalizada da implantação da ISO 50001, considerando Aspectos Governamentais, Diretrizes Estratégicas e Processo de Implantação, tampouco percorrendo todos os requisitos da ISO, que é outro *gap* que o presente estudo pretende eliminar.

1.5 OBJETIVOS

Observando a relevância da Eficiência Energética para a indústria, e a publicação ainda recente da ISO 50001, mas já com literatura suficiente para identificação de práticas relevantes na implantação do SGE proposto pela norma, o objetivo geral deste estudo é propor um *framework* de implantação da ISO 50001, contendo atividades identificadas em uma Revisão Sistemática de Literatura dos casos práticos de implantação da ISO 50001 ao redor do mundo desde sua publicação em 2011. Para tanto, o presente estudo também contou com os objetivos específicos:

- a) Identificar as atividades necessárias para implantação do SGE da ISO 50001;
- b) Identificar as diretrizes estratégicas de apoio à implantação da ISO 50001;
- c) Identificar os aspectos governamentais que influenciam na implantação da ISO 50001.
- d) Propor um método de implementação da ISO 50001 para aumentar sua aplicabilidade às indústrias.

Para atingimento dos objetivos, o Capítulo 2 retrata os métodos adotados para realização da pesquisa, detalhando no item 2.1 como foi decorrida a Revisão Sistemática de Literatura (RSL), e nos itens 2.2 a 2.4 como foi o processo de identificação e definição das atividades de

implantação, diretrizes estratégicas e aspectos governamentais. No Capítulo 3, os resultados da RSL e a construção do framework foram demonstrados, e no Capítulo 4 foi trazida a proposta de *framework*, bem como os resultados do Painel de Especialistas e o *Framework* de Implantação da ISO 50001 finalizado.

Assim, o objetivo principal é entregar às empresas que desejem implantar o SGE da ISO 50001 um panorama dos principais pontos e procedimentos que devem ser considerados e seguidos de maneira a obterem sucesso.

METODOLOGIA

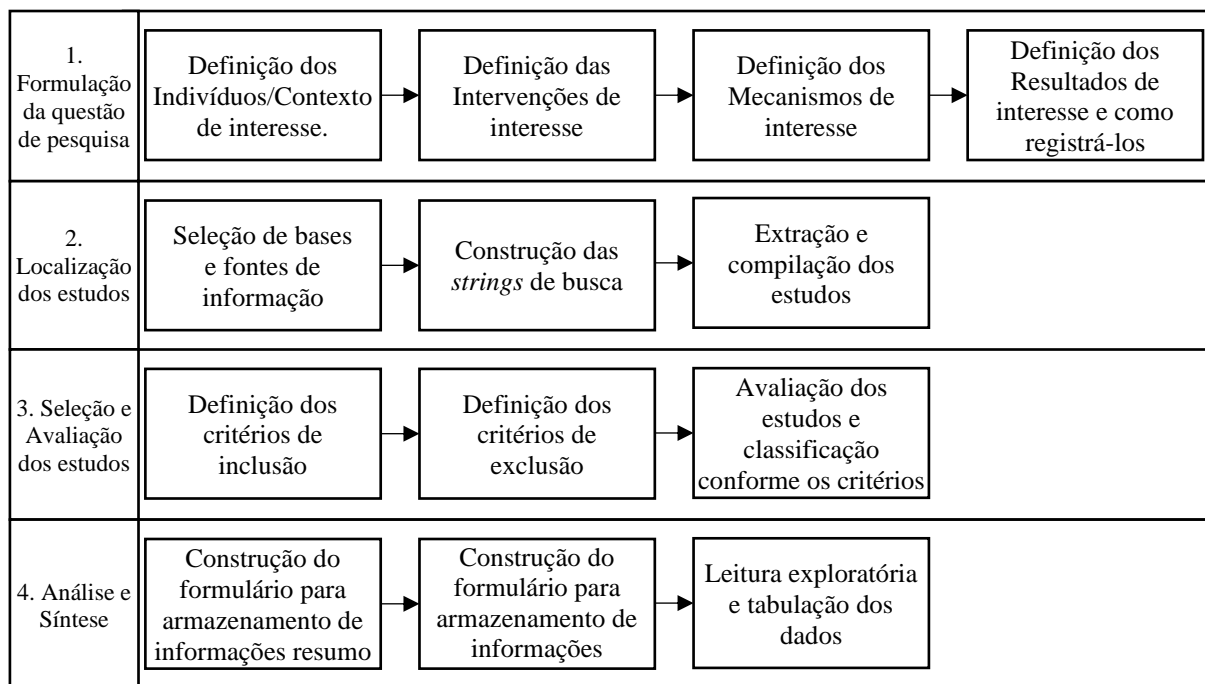
Em se tratando da classificação da presente pesquisa, com base em Gil (2007), o presente estudo é exploratório quanto aos objetivos, aplicado quanto à natureza, bibliográfico quanto aos procedimentos e quali-quantitativo quanto à abordagem utilizada.

Para atender aos objetivos do presente estudo, a metodologia foi construída tendo como primeira etapa uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), que serviu como base para a posterior criação do *framework* de implantação da ISO 50001. Com os estudos encontrados na RSL, foi feita a identificação dos Aspectos Governamentais relevantes para a implantação da norma, a definição de Diretrizes Estratégicas de apoio à implantação e a definição do processo de implantação (*framework*). Com a leitura exploratória dos estudos encontrados na RSL, todas as atividades de implantação da ISO, aspectos governamentais e diretrizes foram registradas em matrizes de controle e priorizados conforme critérios definidos. O *framework* foi então construído e depois submetido à revisão por Especialistas, agregando sua visão prática para a versão final entregue.

2.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Para atender aos objetivos do presente estudo, optou-se por executar uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) conforme Denyer e Tranfield (2009), que estabelecem um procedimento para a execução de uma revisão sistemática de literatura disposto na Figura 4, de maneira a garantir a transparência dos procedimentos utilizados, da inclusão de estudos de qualidade, da qualidade explicativa das análises criadas, e da qualidade heurística dos resultados propostos à comunidade acadêmica conforme a análise dos estudos.

Figura 4 – Fluxograma de condução da RSL.



Fonte: Do autor (2021), com base em Denyer e Tranfield (2009).

A definição da questão de pesquisa foi realizada em alinhamento ao objetivo do presente estudo, de maneira a levantar os casos práticos (**intervenções de interesse**) de implantação da ISO 50001 (**mecanismos de interesse**) na indústria (**contexto de interesse**) em busca do processo de implantação utilizado, das diretrizes estratégicas adotadas e do papel do governo (**resultados de interesse**). Posteriormente, as bases de dados e fontes de informação foram definidas considerando como requisito a presença dos principais periódicos de Eficiência Energética, com a definição das *strings* de busca que melhor retornassem estudos de caso da implantação da ISO 50001 em indústrias em cada base de dados. Os estudos foram então extraídos das bases e compilados utilizando ferramentas de apoio como o Mendeley[®] e o Microsoft Excel[®].

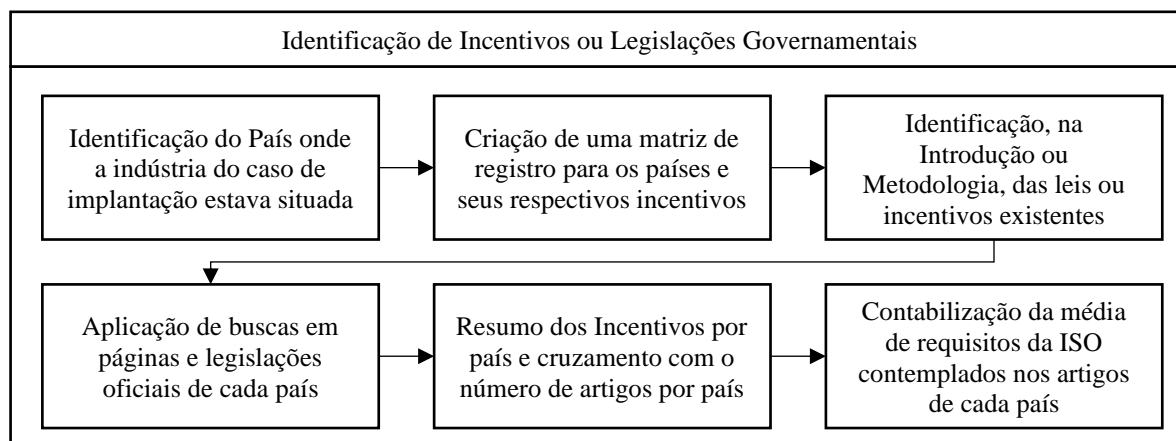
Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos previamente à leitura dos estudos, e então eles foram classificados e selecionados conforme esses critérios. Também foram criados formulários de registro das informações buscadas em cada artigo utilizando o Microsoft Excel[®], e a leitura exploratória foi desenvolvida para obter dados relevantes à execução das demais etapas.

2.2 INCENTIVOS OU LEGISLAÇÕES GOVERNAMENTAIS DE FOMENTO A PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De modo a definir o papel do governo e da gestão pública na adoção de práticas de

eficiência energética, a leitura exploratória dos artigos seguiu a metodologia presente na Figura 5 para identificação e classificação dos Aspectos Governamentais relevantes para a implantação da ISO 50001.

Figura 5 – Procedimento adotado para Identificação de Incentivos ou Legislações Governamentais.



Fonte: Do autor (2022).

Primeiramente, a leitura exploratória da Introdução e da Metodologia dos estudos teve como objetivo a identificação do país onde a indústria do caso prático abordado estava situada.

Após a identificação dos países, uma matriz (Apêndice A) para controle das informações foi criada, de modo a registrar os países de cada estudo e demonstrar se foi possível encontrar os aspectos governamentais relevantes naquele estudo. Na matriz, os artigos marcados com **X** representam os estudos onde foi possível identificar o país, mas não foi possível identificar incentivos ou leis daquele país; já os estudos marcados com **O** representam os artigos onde foi possível identificar tanto o país quanto seus incentivos ou leis; e os casos em que não foi possível identificar nem o país e nem os incentivos ficaram em branco.

Posteriormente, para complementar as informações encontradas nos artigos, foi utilizada a base de dados da *International Energy Agency* (IEA, 2022) de maneira de obter mais detalhes sobre as legislações de cada país, uma vez que a IEA consolida em seu site todas as políticas que envolvem Eficiência Energética por país. Essas informações foram então consolidadas e confrontadas com o processo de implantação adotado em cada artigo, para verificar quais incentivos estavam mais relacionados com cada requisito da ISO, e caso essa relação tenha comprovação, o incentivo foi vinculado às atividades do framework.

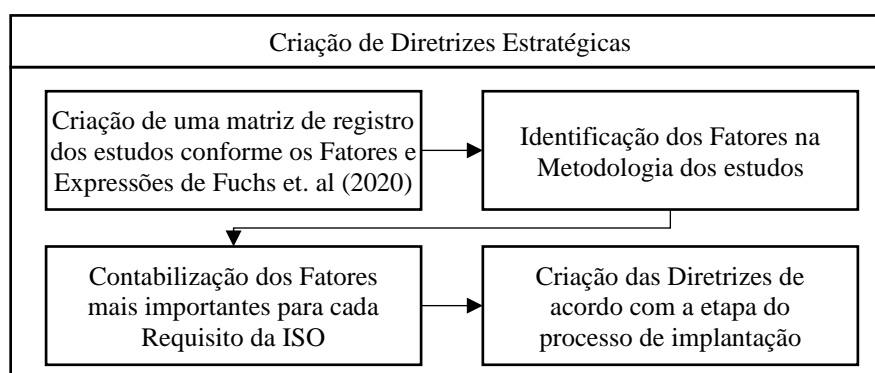
2.3 DIRETRIZES ESTRATÉGICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001

A identificação das Diretrizes Estratégicas prioritárias nas empresas que implantaram a

ISO 50001 foi feita utilizando como base o estudo realizado por Fuchs *et al.* (2020), que realizaram uma análise de 72 estudos de caso de implantação da ISO 50001 submetidos ao primeiro prêmio anual *Energy Management Leadership Awards*, organizado pela *Clean Energy Ministerial* em 2016. O estudo foi escolhido devido ao grande volume de empresas certificadas que compuseram a base de dados, que por se tratar de submissões a uma premiação, espera-se que concentre as melhores práticas das empresas quanto à ISO 50001.

Neste estudo, foram destacados fatores mais frequentes nos estudos de caso, que serviram de apoio para a leitura exploratória dos artigos, de modo que, durante a implantação da ISO, os casos práticos dos estudos trouxeram ações de apoio para que o processo tivesse sucesso nas indústrias estudadas. Para a criação de Diretrizes Estratégicas, foi utilizada a metodologia disposta na Figura 6.

Figura 6 - Procedimento adotado para definição de Diretrizes Estratégicas de apoio à implantação da ISO 50001.



Fonte: Do autor (2020).

Para apoio na identificação, foi construída uma matriz de registro (Apêndice B) elencando os fatores de Fuchs *et al.* (2020) e os artigos lidos, e a identificação ocorreu na leitura da metodologia dos estudos. Não houve restrição mínima ou máxima de fatores identificados por estudo, podendo um mesmo artigo demonstrar evidências de um, vários ou nenhum dos fatores. Ao encontrar o fator no artigo, a tabela foi preenchida com um **X** na coluna do fator, e caso nenhum fator tenha sido identificado, foi deixado em branco a linha daquele estudo.

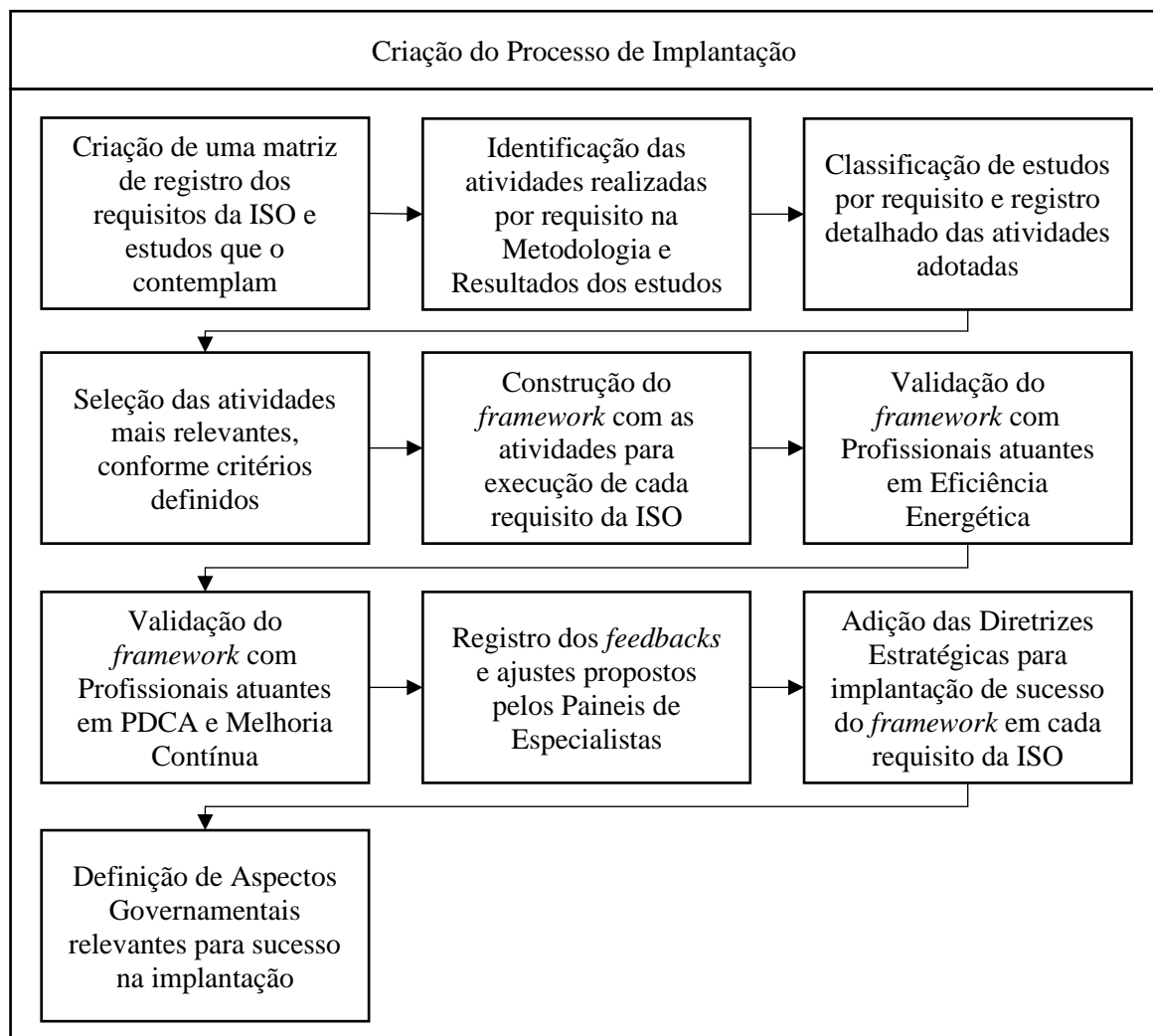
Posteriormente, na etapa de criação do Processo de Implantação da ISO 50001 do presente estudo, os fatores identificados foram confrontados com os requisitos da norma abordados por cada artigo, sendo então definidos os principais para cada etapa da implantação. Em seguida, as Diretrizes foram criadas segundo Campos (2013), que afirma que uma Diretriz é composta por um objetivo e as medidas para alcançá-lo. No caso do presente estudo, o objetivo final é a implantação da ISO 50001, então as diretrizes são ações de apoio às atividades técnicas, que normalmente devem ser definidas pela gerência ou diretoria para obter sucesso

em cada etapa. Assim, foram estabelecidas como Diretrizes Estratégicas os dois fatores de Fuchs *et al.* (2020) que mais foram encontrados nas atividades do *framework* em cada fase (Preparação e Implantação, que serão explicadas no item 2.4).

2.4 PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001

A definição do Processo de Implantação da ISO 50001 teve como base os requisitos estabelecidos pela própria Norma para um Sistema de Gestão Energética, e para isso a norma foi lida na íntegra para registro dos requisitos e dos procedimentos a serem adotados. Com os requisitos e procedimentos elencados e o entendimento completo da Norma, a leitura exploratória buscou identificar as atividades executadas por cada empresa para aplicá-los. Para isso, foram executadas as etapas presentes na Figura 7.

Figura 7 – Procedimento para a proposta de criação do Processo de Implantação da ISO 50001.



Fonte: Do autor (2022).

Para apoiar a leitura exploratória, foi construída uma matriz (Apêndice C) com os requisitos e procedimentos da ISO 50001 e os artigos que tiveram atividades contemplando-os, que foram identificadas na Metodologia e Resultados de cada estudo. Na Matriz foi registrado o detalhamento das atividades adotadas em cada artigo em cada procedimento da ISO, para serem utilizadas na construção do *framework*. Foram registrados tantos procedimentos da ISO quanto foram encontrados, havendo também a possibilidade de um artigo não apresentar nenhuma atividade que contribuísse para a implantação da ISO 50001, sendo estes estudos removidos da base que compôs o *framework*.

Após o registro na matriz, as atividades para implantação da ISO foram classificadas na mesma matriz, utilizando quatro critérios de avaliação para manter ou excluir uma atividade do *framework*, sendo eles:

- a) Aplicabilidade (A): as atividades que podem ser adotadas em qualquer segmento industrial foram priorizadas em relação às práticas para segmentos específicos, sendo também avaliado se a atividade é possível de ser aplicada em indústrias com realidade diferente do demonstrado no estudo.
- b) Complexidade (C): as atividades com grande complexidade para serem executadas (com grande investimento necessário, alto volume de dados, grande necessidade de recursos, ou complexidade técnica elevada etc.) foram removidas.
- c) Duplicidade de Esforços (D): havendo duplicidade de esforços (duas ou mais atividades com a mesma finalidade), somente uma das atividades foi escolhida.
- d) Importância (I): atividades de menor relevância no Sistema de Gestão Energética foram removidas, prezando pela redução de esforços para implantar a ISO.

A classificação das atividades com os critérios foi realizada levando em conta que o *framework* se destina a empresas que querem iniciar a implantação da ISO 50001, e que, portanto, possuem menor maturidade em Gestão Energética. Na matriz (Apêndice C), a coluna Seleção demonstra com a letra **X** as atividades selecionadas para o *framework*, e para as outras atividades foi utilizada a letra do critério que a excluiu (**A**, **C**, **D** ou **I**). Deste modo, utilizando o registro detalhado de atividades, o *framework* foi construído. Para cada procedimento da norma, foi detalhada uma ou mais atividades identificadas nos artigos.

Após a seleção das atividades, elas foram sequenciadas de maneira cronológica para a implantação da ISO conforme seu inter-relacionamento, de maneira a esclarecer os primeiros passos da indústria na implantação e qual sequência de atividades deve adotar. Além disso, as atividades foram divididas em duas fases e foi estabelecida uma periodicidade/frequência às atividades tomando como base as informações e o aprendizado obtido na leitura dos estudos.

Assim, as duas fases definidas foram:

- a) **Preparação:** Atividades que devem ser adotadas pela organização para que ela se prepare à implantação do SGE da ISO 50001, sendo estes requisitos para a posterior implantação. Por exemplo, a instalação de medidores de energia ou registro do desempenho energético, para posteriormente proporcionar as análises e ações necessárias para a aplicação de melhorias: sem a medição, não é possível analisar e tomar decisões.
- b) **Implantação:** Atividades de implantação do SGE da ISO 50001, contemplando os requisitos e procedimentos da norma. Nessa fase, as atividades foram classificadas em anuais, mensais e sem periodicidade estabelecida (aplicáveis sempre que necessário).

Por fim, com o objetivo de maximizar a possibilidade de implantação (replicabilidade) do framework, o processo de implantação foi apresentado a um Painel de Especialistas. Para isso, uma vez que alguns dos estudos (LASKURAIN *et al.*, 2019; ISWAHYUDI *et al.*, 2019) que compuseram a base de dados da Revisão Sistemática de Literatura citam grupos de trabalho para atuarem com Eficiência Energética, foram escolhidas duas pessoas que atuam em células de responsabilidade semelhante em duas indústrias brasileiras de grande relevância (maior mineradora e quarto maior abatedouro de aves do país), selecionados por terem contato direto com a área de Eficiência Energética há alguns anos, e por serem do autor do presente estudo, e portanto mais facilmente contactáveis. Além disso, uma vez que a ISO 50001 é baseada no PDCA (ISO, 2018), também foram convidados dois profissionais com ampla experiência na aplicação do método em indústrias e outros segmentos, ambos *Master Black Belts* em *Lean Six Sigma* e com diversos projetos de melhoria implantados em indústrias. Assim, além da validação técnica quanto a Eficiência Energética, agregou-se ao framework também a validação metodológica para garantir que se obtenha melhoria contínua ao implantá-lo.

Cada profissional participou de uma reunião individual com o autor do presente estudo, após receber material prévio explicando o framework proposto (Apêndice D). O material foi enviado com uma semana de antecedência à reunião, sendo sua leitura um requisito para a realização do Painel. Este, por sua vez ocorreu em videoconferência online, utilizando a plataforma Google Meet com durações de 42 minutos, 50 minutos, 38 minutos e 52 minutos, respectivamente. No decorrer do Painel, o autor aplicou um protocolo (Apêndice E) contendo um questionário para validação de cada atividade do Processo de Implantação estabelecido, após uma introdução sobre o objetivo e atividades realizadas no estudo. Além disso, também foi apresentada a representação visual do framework (Apêndice F), contendo as atividades e as diretrizes estratégicas, para avaliação dos especialistas.

Os *feedbacks* propostos pelos quatro especialistas foram registrados e avaliados pelo autor,

que decidiu quais seriam aplicados no framework. Então, foram feitos ajustes no framework para adequá-lo às sugestões e tornar o processo de implantação aplicável às indústrias, após agregar o ponto de vista prático dos especialistas.

DESENVOLVIMENTO

3.1 CONSTRUÇÃO DO FRAMEWORK

3.1.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Para construir o framework, primeiramente foi feita uma Revisão Sistemática de Literatura, para levantamento dos estudos de caso de implantação da ISO 50001 na indústria. Com o intuito de agregar o máximo de estudos possível e assim compor um corpo de informações relevante, foram selecionadas três bases de dados: *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*. Essas bases foram selecionadas por indexarem importantes periódicos ao se tratar de eficiência energética, como o *Journal of Cleaner Production*, o *Energy Policy*, o *Energy Research & Social Science*, o *Applied Energy*, o *Energy Efficiency*, o *International Journal of Energy Economics and Policy* e outros periódicos cujo conteúdo abrange estudos relativos a questões energéticas ou sustentáveis.

As palavras-chave e *strings* de busca foram definidas de modo a retornar casos práticos da implantação da norma ISO 50001 na indústria, e, portanto, foram: “ISO 50001”, “*case study*” ou “*survey*”, “*industry*” ou “*manufacturing*”. Assim, há a restrição à norma estudada, bem como a restrição a indústrias ou ambientes de manufatura. Além disso, as palavras chave limitam os artigos selecionados a apenas estudos de caso e *surveys*, que conforme Flynn *et al.* (1990) são tipos de pesquisas baseadas em informações do mundo real (FLYNN et al., 1990). Assim, espera-se entregar um *framework* que, apesar de baseado em uma RSL, seja baseado em ações práticas das indústrias. Em contrapartida, os tipos de pesquisa detalhados nas palavras-chave não são restritivas, buscam apenas aumentar a qualidade da *string* de busca, ou seja: caso sejam retornados pela *string* estudos que se classifiquem em outros tipos de pesquisa, os mesmos só serão removidos se não houver relato de aplicação prática da ISO 50001 na

indústria. Além disso, foi definido como critério de inclusão que o período de publicação seja entre 2011 e 2020 (inclusive). Para cada base de conhecimento, as *strings* de busca foram construídas conforme a sintaxe da própria base, e podem ser melhor observadas na Tabela 1:

Tabela 1 – *Strings* de busca utilizadas em cada Base de Conhecimento e Publicações Retornadas.

Base de Conhecimento	String de Busca	Período	Filtro Adicional	Publicações Retornadas
Science Direct	"ISO 50001" AND "case study" AND "industry" or "manufacturing"	[2011,2020]	Tipo: Artigo de Pesquisa	125
Science Direct	"ISO 50001" AND "survey" AND "industry" or "manufacturing"	[2011,2020]	Tipo: Artigo de Pesquisa	96
Scopus	("iso 50001" AND ("case study" OR "survey")) AND ("industry" OR "manufacturing")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))	[2011,2020]	Tipo: AR	250
Web of Science	"ISO 50001" AND ("case study" or "survey") AND ("industry" or "manufacturing")	[2011,2020]		14

Fonte: Do Autor (2021).

Observa-se, portanto, o total de 485 estudos obtidos utilizando as *strings* de busca da Tabela 1, que tiveram seus títulos, autores, ano de publicação, base de dados e resumo compilados em uma planilha do Microsoft Excel® 2019. Com esse escopo de publicações selecionado, foi feita uma leitura dos títulos e autores para identificação e remoção dos estudos duplicados. Como para algumas bases foram feitas duas consultas com *strings* diferentes, primeiro foram eliminados os estudos duplicados dentro da própria Base de Conhecimento, e posteriormente eliminados os duplicados entre as Bases. A Tabela 2 detalha o número de estudos duplicados encontrados e removidos da RSL, por Base:

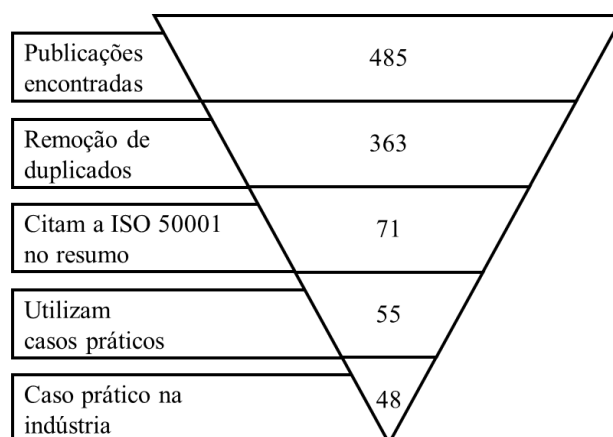
Tabela 2 – Número de publicações selecionadas após remoção de duplicados.

Base de Conhecimento	Total de Publicações	Publicações Repetidas	Publicações Remanescentes
Science Direct	221	84	137
Scopus	250	38	212
Web of Science	14	0	14
Total	485	121	363

Fonte: Do Autor (2021).

Posteriormente, o resumo das 363 publicações únicas remanescentes foi lido na íntegra, em busca dos seguintes critérios de inclusão aos quais os estudos deveriam atender: a) abordasse a ISO 50001 b) estivesse embasado em casos práticos de implantação da norma; e ao critério de exclusão que eliminaria os estudos onde a) um dos casos práticos apresentados no estudo não fossem aplicados em indústrias. As evidências foram buscadas na sequência citada, sendo todos critérios obrigatórios, e a Figura 8 detalha o progresso da seleção:

Figura 8 – Seleção e classificação dos estudos conforme os critérios definidos.



Fonte: Do Autor (2021).

Na sequência, as 48 publicações que compõem a base para o presente estudo foram lidas na íntegra para identificação de a) Incentivos ou Legislações Governamentais para fomento a práticas de eficiência energética; b) Diretrizes Estratégicas para Implantação da ISO 50001; c) Processo de Implantação Adotado.

Os 48 artigos selecionados foram codificados conforme a Tabela 3 de modo a facilitar a consolidação e tratamento dos dados no presente estudo, a constar:

Tabela 3 – Artigos selecionados.

Índice	Título	Autores	Periódico
1	A model for integrating energy management in lean production	Javied, T.; Deutsch, M.; Franke, J. (2019)	Procedia CIRP
2	A systematic procedure to combine the integral management systems in a services sector company	Escorcia, Y. C.; Valencia-Ochoa, G. E.; Acevedo, C. H. (2018)	Chemical Engineering Transactions
3	An approach to evaluate resource utilization in energy management systems	Haeri, A.; Rezaie, K. (2016)	Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy
4	An energy efficiency evaluation method based on energy baseline for chemical industry	Yao, D.-M.; Zhang, X.; Wang, K.-F.; Zou, T.; Wang, D.; Qian, X.-H. (2016)	Mathematical Problems in Engineering
5	An energy management maturity model for China: Linking ISO 50001:2018 and domestic practices	Jin, Y.; Long, Y.; Jin, S.; Yang, Q.; Chen, B.; Li, Y.; Xu, L. (2020)	Journal of Cleaner Production
6	Analysis of energy consumption and cost distribution on a South African cement plant	Pelser, W. A.; Vosloo, J. C.; Mathews, M. J. (2017)	2017 International Conference on the Industrial and Commercial Use of Energy (ICUE)
7	Analysis of the Reasons of the Low Interest of Russian Enterprises in Applying the Energy Management System	Anisimova, T. (2015)	Procedia Economics and Finance
8	Applying energy management in textile industry, case study: An Egyptian textile plant	Yacout, D. M. M.; El-Kawi, M. A. A.; Hassouna, M. S. (2014)	International Energy Journal
9	Ascertainment of Energy Consumption Information in the Age of Industrial Big Data	Flick, D.; Kuschicke, F.; Schweikert, M.; Thiele, T.; Panten, N.; Thiede, S.; Herrmann, C. (2018)	51st CIRP Conference on Manufacturing Systems
10	Attitudes of Small and Medium-Sized Enterprises towards Energy Efficiency in Wood Procurement: A Case Study of Stora Enso in Finland	Haavikko, H.; Karha, K.; Hourula, M.; Palander, T. (2019)	Croatian Journal of Forest Engineering
11	Contribution to energy management of the main standards for environmental management systems: The case of ISO 14001 and EMAS	Laskurain, I.; Ibarloza, A.; Larrea, A.; Allur, E. (2017)	Energies
12	Combining Energy Management Indicators and Life Cycle Assessment Indicators to Promote Sustainability in a Paper Production Plant	Blanco, E. E.; Ochoa, G. V.; Forero, J. D. (2020)	Resources

Índice	Título	Autores	Periódico
13	Development of a sustainability index for an energy management system in Thailand	Nakthong, V.; Kubaha, K. (2019)	Sustainability
14	Do energy management systems add value to firms with environmental management systems?	Laskurain, I.; Heras-Saizarbitoria, I.; Casadesús, M. (2019)	Environmental Engineering and Management Journal
15	Effective energy planning for improving the enterprise's energy performance	Păunescu, C.; Blid, L. (2017)	Management & Marketing
16	Effective implementation of ISO 50001 energy management system: Applying Lean Six Sigma approach	Mkhaimer, L. G.; Arafeh, M.; Sakhrieh, A. H. (2017)	International Journal of Engineering Business Management
17	Efficient energy management system at Kuwait oil company, Kuwait, a case study	Al-Qallaf, Y. E.; Owayed, F.; Rao, P. (2017)	International Journal of Energy Production and Management
18	Electricity management in the production of lead-acid batteries: The industrial case of a production plant in Colombia	Gutiérrez, A. S.; Eras, J. J. C.; Santos, V. S.; Herrera, H. H.; Hens, L.; Vandecasteele, C. (2018)	Journal of Cleaner Production
19	Energy efficiency maturity (EEM) assessment framework for energy-intensive SMEs: Proposal and evaluation	Prashar, A. (2017)	Journal of Cleaner Production
20	Energy efficiency measurement in industrial processes	Giacone, E.; Mancò, S. (2011)	Energy
21	Energy management system application for sustainable development in wood industry enterprises	Rajić, M. N.; Maksimović, R. M.; Milosavljević, P.; Pavlović, D. (2019)	Sustainability
22	Energy management system implementation in Serbian manufacturing - Plan-Do-Check-Act cycle approach	Jovanovic, B.; Filipovic, J.; Bakic, V. (2017)	Journal of Cleaner Production
23	Energy management system implementation in Serbian manufacturing – Plan-Do-Check-Act cycle approach	Jovanovic, B.; Filipovic, J.; Bakic, V. (2017)	Journal of Cleaner Production
24	Energy management system ISO 50001:2011 and energy management for sustainable development	Goncalves, V. A. S.; Santos, F. J. M.-H. (2019)	Energy Policy
25	Energy planning and management during battery manufacturing	Angarita, E. N.; Eras, J. J. C.; Herrera, H. H.; Santos, V. S.; Morejón, M. B.; Ortega, J. I. S.; Gutiérrez, A. S. (2019)	Gestão & Planejamento
26	Energy planning for gas consumption reduction in a hot dip galvanizing plant	Valencia, G.; Ramos, E.; Meriño, L. (2017)	Chemical Engineering Transactions
27	Establishing an integration-energy-practice model for improving energy performance indicators in ISO 50001 energy management systems	Chiu, T.-Y.; Lo, S.-L.; Tsai, Y.-Y. (2012)	Energies

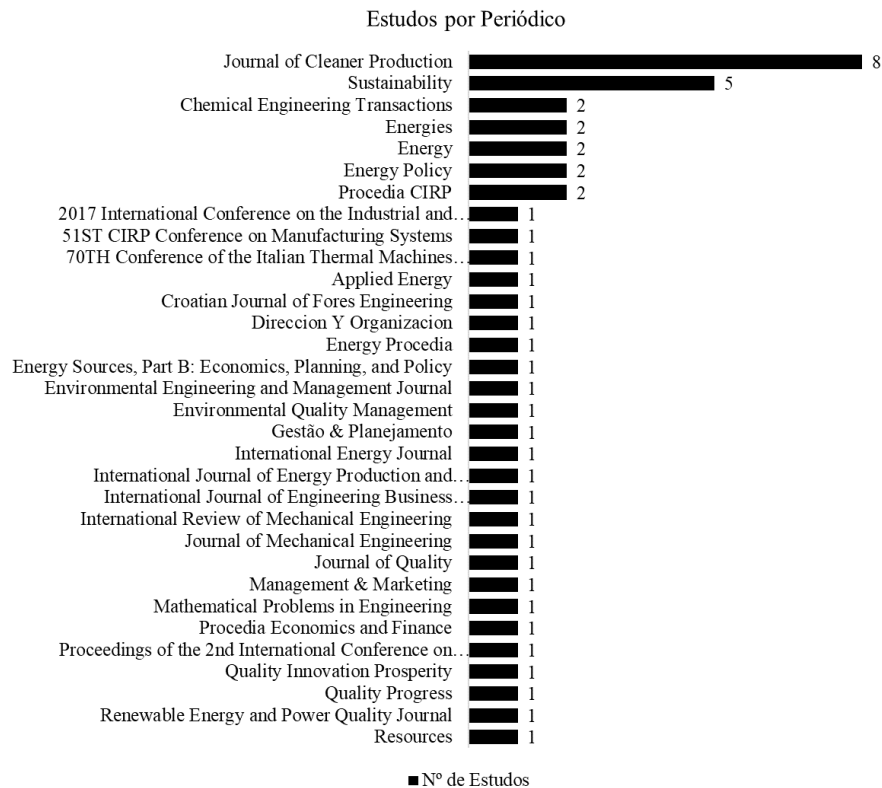
Índice	Título	Autores	Periódico
28	Establishing an integration-energy-practice model to improve energy efficiency in ISO 50001 energy management systems: A case study for a networking products company	Chiu, T.-Y.; Lo, S.-L. (2015)	Journal of Quality
29	Evaluation Methodology for Energy Efficiency Measures in Industry and Service Sector	Tallini, A.; Cedola, L. (2016)	Energy Procedia
30	Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey	Ates, S. A.; Durakbasa, N. M. (2012)	Energy
31	From energy targets setting to energy-aware operations control and back: An advanced methodology for energy efficient manufacturing	Benedetti, M.; Cesarotti, V.; Introna, V. (2017)	Journal of Cleaner Production
32	Hierarchical aggregation of energy performance indicators in continuous production processes	Beisheim, B.; Krämer, S.; Engell, S. (2020)	Applied Energy
33	Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis	Fuchs, H.; Aghajanzadeh, A.; Therkelsen, P. (2020)	Energy Policy
34	Implementation of Energy Management System ISO 50001:2011 in PT Semen Tonasa: Sharing Experience	Iswahyudi; Mahesthi, A. N. K. T.; Pramono, A. S.; Rewah, S. A.; Sudarsih, S.; Purnomo, R. (2019)	Proceedings of the 2nd International Conference on Chemical Process and Product Engineering (ICCPPE) 2019 Sustainability
35	Industrial Decarbonization by a New Energy-Baseline Methodology. Case Study	Castrillon-Mendoza, R.; Rey-Hernandez, J. M.; Rey-Martinez, F. J. (2020)	
36	Industrial Energy Management Systems in Italy: state of the art and perspective	Bonacina, F.; Corsini, A.; De Propris, L.; Marchegiani, A.; Mori, F. (2015)	70th Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI 2015
37	INNOVATIVE MODEL OF INTEGRATED ENERGY MANAGEMENT IN COMPANIES	Majernik, M.; Bosak, M.; Stofova, L.; Szaryszova, P. (2015)	Quality Innovation Prosperity
38	Investment analysis for energy efficiency management systems in industrial refrigeration	Portela, T. T.; Lafay, J. M. S. (2015)	Renewable Energy and Power Quality Journal
39	ISO 50001 standard-based energy management maturity model - Proposal and validation in industry	Jovanović, B.; Filipović, J. (2016)	Journal of Cleaner Production
40	Market opportunities and innovation of ISO 50001 energy management standard in the Colombian industrial sector	Ochoa, G. V.; Gutiérrez, J. C.; Avella, J. C. (2019)	International Review of Mechanical Engineering

Índice	Título	Autores	Periódico
41	Methodology for the successful integration of an energy management system to an operational environmental system	Uriarte-Romero, R.; Gil-Samaniego, M.; Valenzuela-Mondaca, E.; Ceballos-Corral, J. (2017)	Sustainability
42	Practices of energy use management and sustainable performance in Brazilian mineral industries	Perlin, A. P.; Gomes, C. M.; Kneipp, J. M.; Motke, F. D. (2018)	Environmental Quality Management
43	Reasons to adopt ISO 50001 Energy Management System	Marimon, F.; Casadesús, M. (2017)	Sustainability
44	Resource Consumption Monitoring in Manufacturing Environments	Gontarz, A. M.; Hampl, D.; Weiss, L.; Wegener, K. (2015)	Procedia CIRP
45	Results and prospects of applying an ISO 50001 based reporting system on a cement plant	Pelser, W. A.; Vosloo, J. C.; Mathews, M. J. (2018)	Journal of Cleaner Production
46	Strategic energy management plan and MS ISO 50001:2011 compliance	Asim, M. T. M.; Ibrahim, T. M. F. T.; Adam, N. M.; Masuri, S. U. (2017)	Journal of Mechanical Engineering
47	Sustainable Supplier Evaluation practices across the Supply Chain	Serrano, R. M.; González, R. M.; Gascó, J. L. G.; Taverner, J. L. (2019)	Direccion Y Organizacion
48	Turned on: Quality can power up efforts in energy management and make a difference	Scriabina, N.; Cort, G. (2013)	Quality Progress

Fonte: Do Autor (2022).

Os artigos selecionados foram publicados em 32 periódicos diferentes (Figura 9), e pode-se notar a importância de alguns destes ao tratar de aplicações práticas da ISO 50001 em indústrias, com destaque para o *Journal of Cleaner Production* e o *Sustainability*, que somados contêm 13 (27%) dos estudos selecionados.

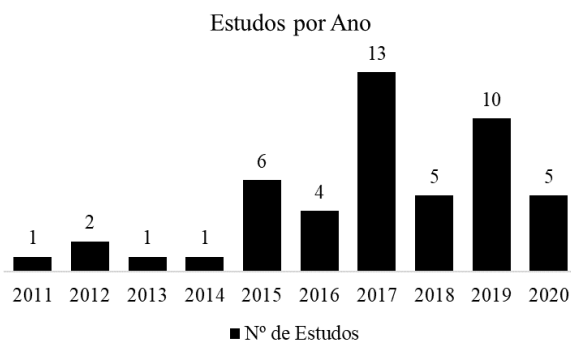
Figura 9 – Distribuição dos Estudos Selecionados por Periódico.



Fonte: Do autor (2022).

Além da pluralidade de periódicos identificada, é possível notar a concentração de grande parte dos estudos selecionados entre 2016 e 2020 (Figura 10), quando aproximadamente 77% das publicações foram publicadas. De fato, visto que a data de publicação da primeira edição da ISO 50001 foi em 2011, este é um resultado esperado.

Figura 10 – Distribuição dos Estudos por Ano de Publicação.



Fonte: Do autor (2022).

No decorrer da leitura exploratória das publicações selecionadas, algumas características importantes para o presente estudo foram buscadas para resumir a base de dados. Como característica da base selecionada, existem estudos como Laskurain *et al.* (2017) e Tallini e Cedola (2016) que utilizaram mais de um case industrial para validação de um framework proposto ou das características e resultados dessas empresas ao utilizarem a ISO 50001, e, portanto, possuem mais de um setor industrial como objeto de pesquisa. Com a leitura exploratória, foram identificados 48 setores diferentes em 40 publicações, e ainda 8 estudos que não detalham qual o segmento industrial dos cases utilizados. A Figura 11 traz em maiores detalhes os setores industriais identificados na leitura e a frequência em que foram utilizados nos 48 estudos selecionados.

Figura 11 – Frequência de Setores Industriais Utilizados nos Estudos Escolhidos



Fonte: Do autor (2021).

3.1.2 INCENTIVOS OU LEGISLAÇÕES GOVERNAMENTAIS DE FOMENTO A PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Com a leitura exploratória da Introdução e da Metodologia dos estudos, foi possível identificar o país onde a indústria de cada caso prático abordado estava situada, observável na matriz das Tabela 4, que detalha o país de cada estudo e se foi possível identificar as legislações e políticas de apoio à Eficiência Energética.

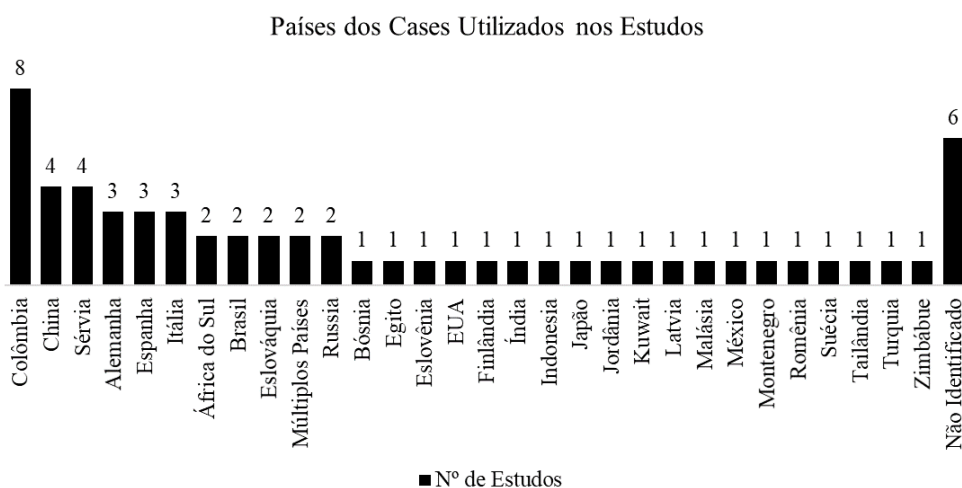
Tabela 4 – Matriz de Identificação dos Aspectos Governamentais em cada artigo.

País / Artigo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48				
África do Sul					O																																									X						
Alemanha	O																														O																					
Brasil																																					X					X										
China				X																							X	X																								
Colômbia		X																X							X	X									O				X									X				
Egito							X																																													
Eslováquia																																							X										X			
Espanha										X				X																															X							
Finlândia										O																																										
Índia																			X																																	
Indonésia																																				O																
Itália																														O	X					O																
Jordânia																	X																																			
Kuwait																	O																																			
Malásia																																																			X	
México																																																		X		
Romênia															X																																					
Rússia						X																																														
Sérvia																					X	O	X																		X											
Tailândia												O																																								
Turquia																															X																					
Múltiplos Países																									O																											

Fonte: Do autor (2022)

Observando a matriz, é possível notar que alguns países (como Brasil, China, Jordânia etc.) só tiveram classificação **X**, ou seja, apesar de ser possível identificar o país, não foi possível observar incentivos ou leis aplicadas para apoio à implantação da ISO 50001. Em outros casos, a informação foi trazida nos artigos de maneira resumida ou somente citando uma lei ou decreto, sem explicá-lo. A Figura 12 ordena os países conforme o volume de artigos em que foram identificados.

Figura 12 – Países presente nos estudos selecionados.



Fonte: Do autor (2021).

Como observável na Figura 12, os estudos selecionados utilizam casos de indústrias em 29 países, havendo também seis publicações que não trazem nenhuma informação quanto ao país da indústria estudada e dois estudos que utilizaram indústrias de vários países como base. Como destaque, os países que mais apareceram foram Colômbia, China, Sérvia, Alemanha, Espanha e Itália que juntos representam quase 50% dos estudos de caso selecionados. Na Tabela 5, todos os incentivos ou Leis de apoio à Eficiência Energética foram registrados.

Tabela 5 – Incentivos ou Leis adotados por cada país dos artigos selecionados.

País	Incentivos ou Leis
África do Sul	<p>A) South African Carbon Tax (2019): Imposto de R144 por tonelada de CO₂ emitido.</p> <p>B) AFD Green Energy Fund (2019): fornece financiamento para projetos de energia renovável e eficiência energética de menor escala e fabricação de produtos verdes na África do Sul</p> <p>C) South Africa's Low-Emission Development Strategy (AS LEDS) 2050: Estratégia de redução de emissão de CO₂ até 2050.</p> <p>D) Tax Allowance 12i: Incentivo de Subsídio Fiscal projetado para apoiar investimentos em projetos de fábricas com somente equipamentos novos ou expansões e atualizações de projetos industriais existentes com foco em eficiência energética.</p> <p>E) Manufacturing Competitiveness Enhancement Programme (MCEP): O MCEP é um regime de apoio que oferece às empresas transformadoras</p>

País	Incentivos ou Leis
Alemanha	<p>incentivos para aumentar a sua competitividade e manter os postos de trabalho. Tem um orçamento de 5,8 bilhões em um período de três anos.</p> <p>A) CO2 price: Quando uma empresa coloca no mercado, por exemplo, óleo de aquecimento, gás liquefeito de petróleo, gás natural, carvão, gasolina ou gásóleo, necessitará de um certificado por cada tonelada de CO2 que venha a ser emitida pelos produtos que coloca no mercado</p> <p>B) German Development and Resilience Plan (DARP): pacote de subsídios para recuperação do planeta, contemplando EUR 3.2 bi para decarbonização, EUR 5.4 bi para mobilidade urbana climate-friendly, e EUR 2.5 bi para construções climate-friendly.</p>
Colômbia	<p>A) Lei 1715 – 2014 para promover a integração de recursos energéticos não convencionais e eficiência energética</p> <p>B) Programa PROURE 2017-2022 para o uso racional e eficiente de energia e fontes de energia não convencionais na Colômbia</p>
Finlândia	<p>A) Agenda de Crescimento Sustentável – Pilar 1/1: Estabelece a estrutura do sistema energético</p> <p>B) Energy Efficiency Act of Finland (2017): Grandes empresas são obrigadas a executar uma auditoria energética para reportarem os progressos quanto a eficiência energética a cada quatro anos.</p>
Indonésia	<p>A) Aplicação de Padrões Mínimos de Desempenho Energético para Aparelhos e Equipamentos Consumidores de Energia (Regulamento MEMR nº 14/2021)</p> <p>B) National Energy Efficiency Award (PEEN): é uma iniciativa do Governo da Indonésia para promover a eficiência energética nos setores de construção e indústria.</p>
Itália	<p>A) Decreto Legislativo n.º 102/2014 que reconhece a diretiva europeia 2012/27/EU, define um conjunto de medidas para a promoção e melhoria da eficiência energética visando a redução do consumo final de energia no território nacional.</p> <p>B) Relaunch Decree: Bonus (redução de 110%) dos impostos para renovação de instalações (construções).</p>
Kuwait	A) Kuwait é signatário da COP21
Sérvia	A) Diário Oficial da Sérvia, nº 8/13, estabelece incentivos financeiros para eficiência energética.
Tailândia	A) Energy Conservation Promotion Act (No. 2) B.E.2550 (2007) foi estabelecido para encorajar estabelecimentos e indústrias a adotarem práticas de eficiência energética, além de estabelecer a Comissão Reguladora de Energia (ERC) para regular o setor de energia, para evitar o abuso de poder e proteger os consumidores de energia e aqueles afetados adversamente pelas operações do setor de energia.

Fonte: Do autor, com base na RSL e na IEA (2022).

Apesar da identificação de leis ou incentivos existentes em cada país, ao confrontar a Tabela 5 com as Figuras 2 e 12, não é possível obter conclusão evidente de que haja relação entre as leis estabelecidas por cada país, o número de empresas certificadas na ISO 50001 e o número de estudos de caso publicados com o tema desde a publicação da norma. É possível definir hipóteses, como por exemplo de que as leis e incentivos da Alemanha foram mais

eficazes do que os demais países, uma vez que há mais indústrias alemãs certificadas. Porém, na leitura exploratória dos artigos que compuseram a RSL, não foi possível encontrar evidências que comprovassem essa hipótese. Também não foi possível relacionar as leis de cada país às Diretrizes Estratégicas e Atividades para Implantação da ISO observadas em cada artigo. De fato, os artigos relataram pouco ou nada sobre fatores governamentais após a seção de Introdução.

3.1.3 DIRETRIZES ESTRATÉGICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001

O estudo de Fuchs *et al.* (2020) foi utilizado como base para a definição de Diretrizes Estratégicas para Implantação da ISO 50001. Neste estudo, os autores utilizaram *Big Data* para destacar as expressões que mais apareceram nos cases dentro de categorias como Motivação e Objetivos, Papel da Gestão, Benefícios Alcançados, Chave para Sucesso e Desafios. As expressões destacadas pelos autores estão classificadas na Tabela 6:

Tabela 6 - Classificação dos termos de Fuchs *et al.* (2020) em direcionadores para a definição das diretrizes estratégicas.

Código	Classificação	Expressões de Fuchs <i>et al.</i> (2020)
F1	Cultura Alinhada	Uma cultura empresarial com consciência energética.
F2	Apoio da Alta Gestão	Engajamento e suporte da gestão de nível superior.
F3	Metas Claras	Metas e valores existentes.
F4	Experiência Prévia	Conquistas anteriores de eficiência energética.
F5	Foco em Redução de Custos	Poupança de custos; retorno sobre o investimento.
F6	Engajamento dos Colaboradores	Conscientização dos funcionários por meio da comunicação e transparência.
F7	Medição Eficiente	Medição de energia confiável e precisa.
F8	Gestão de Máquinas e Equipamentos	Entender os usos significativos de energia e identificar as instalações com maior impacto.
F9	Sustentabilidade	Sustentabilidade ambiental.
F10	Colaboração Interna	Superar feudos organizacionais (por exemplo, equipes interdepartamentais, compartilhar melhores práticas).
F11	Capacitação da Equipe	Organizar e patrocinar treinamentos relevantes.
F12	Apoio Externo	Colaborar com o governo, serviço público ou outras entidades externas para obter financiamento e conhecimento.
F13	Equipe Dedicada	Equipes de energia dedicadas e nomeação de responsáveis internos com responsabilidade clara.
F14	Criação de Marketing	Visibilidade, valor de marketing e imagem da empresa.
F15	Foco em Produtividade	Aumente a produtividade (por exemplo, por meio de menos tempo de inatividade da planta ou reduzindo a intensidade de energia).
F16	Legislação e Governo	Incentivos ou regulamentações governamentais; parceria

Código	Classificação	Expressões de Fuchs <i>et al.</i> (2020) com organizações externas.
F17	Gestão Energética	ISO 50001 fornece uma estrutura sólida e ferramentas para atingir as metas de energia.

Fonte: Do autor, adaptado de Fuchs *et al.* (2020).

No decorrer da leitura exploratória, foram registrados os fatores de Fuchs *et al.* (2020) encontrados em cada artigo, dispostos na matriz exposta na Tabela 7.

Tabela 7 – Matriz de Identificação dos Fatores de Fuchs *et al.* (2020) em cada artigo.

Fatores / Estudos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48						
F1													X	X																					X																			
F2													X				X																		X																			
F3								X		X					X																																							
F4														X																																								
F5				X		X	X	X										X													X																			X				
F6														X																						X																		
F7									X						X	X															X					X											X							
F8				X																																																		
F9													X				X																																					
F10								X						X																						X																		
F11										X							X																			X																		
F12								X																												X																		
F13								X									X																																					
F14																																																						
F15																																																						
F16																																																						
F17																																																						

Fonte: Do autor (2020).

Os fatores que tiveram maior ocorrência, ou que mais foram levados em conta pelas indústrias nos artigos, são F5 – Foco em Redução de Custos com sete identificações e F7 – Medição Eficiente com seis identificações. Por outro lado, houve três fatores que não tiveram nenhuma ocorrência, que são F14 – Criação de Marketing, F16 – Legislação e Governo e F17 – Gestão Energética, sendo portanto os que tiveram menor relevância na implantação da ISO 50001 para os artigos retornados na Revisão Sistemática de Literatura.

3.1.4 DEFINIÇÃO DO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001

A definição do Processo de Implantação da ISO 50001 teve como base os requisitos estabelecidos pela própria Norma para um Sistema de Gestão Energética, e para isso a norma foi lida na íntegra para registro dos requisitos e dos procedimentos a serem adotados, dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 – Requisitos do Sistema de Gestão Energética conforme a ISO 50001:2018

Código	Requisito	Procedimento
4.2 Responsabilidade da Direção		
4.2.1	Alta Direção	<p>A) definição, estabelecimento, implementação e manutenção de uma política energética</p> <p>B) designação de um representante da direção e aprovação da formação de uma equipe de gestão da energia</p> <p>C) fornecimento de recursos necessários para estabelecer, implementar, manter e melhorar o SGE e o desempenho energético resultante</p> <p>D) identificação do escopo e fronteiras a serem tratados pelo SGE</p> <p>E) comunicação da importância da gestão da energia para todos na organização</p> <p>F) garantia de que objetivos e metas energéticas sejam estabelecidos</p> <p>G) garantia de que os IDEs sejam apropriados à organização</p> <p>H) consideração do desempenho energético no planejamento de longo prazo</p> <p>I) garantia de que os resultados sejam medidos e comunicados em intervalos determinados</p> <p>J) condução de análises críticas pela direção</p>
4.2.2	Representante da Direção	<p>A) garantir que o SGE seja estabelecido, implementado, mantido e continuamente melhorado de acordo com esta Norma</p> <p>B) identificar pessoa(s), autorizada(s) por nível gerencial apropriado, para trabalhar com o representante da direção no apoio das atividades de gestão da energia</p> <p>C) relatar à alta direção o desempenho energético; relatar à alta direção o desempenho do SGE</p> <p>D) garantir que o planejamento das atividades de gestão da energia seja destinado a apoiar a política energética da organização</p> <p>E) definir e comunicar responsabilidades e autoridades para facilitar a efetiva gestão da energia</p> <p>F) determinar critérios e métodos necessários para garantir que tanto a operação como o controle do SGE sejam efetivos</p> <p>G) promover a conscientização da política e objetivos energéticos em todos os níveis da organização.</p>
4.3 Política Energética		
4.3	Política Energética	<p>A) seja apropriada à natureza e escala do uso e consumo de energia da organização</p> <p>B) inclua um comprometimento para melhoria contínua de desempenho energético</p> <p>C) inclua um comprometimento para garantir a disponibilidade de informações e de recursos necessários para atingir objetivos e metas</p>

Código	Requisito	Procedimento
		<p>D) inclua um comprometimento para cumprir os requisitos legais aplicáveis e outros requisitos aos quais a organização subscreve, relacionados à sua eficiência energética e seu uso e consumo de energia</p> <p>E) forneça uma estrutura para estabelecer e revisar objetivos e metas energéticas</p> <p>F) apoie a aquisição de produtos e serviços energeticamente eficientes e projetas para melhoria do desempenho energético</p> <p>G) seja documentada e comunicada em todos os níveis da organização</p> <p>H) seja regularmente revisada e atualizada quando necessário</p>
		4.4 Planejamento Energético
4.4.1	Generalidades	A) a organização deve conduzir e documentar um processo de planejamento energético. O planejamento energético deve ser consistente com a política energética e deve levar a atividades que melhorem continuamente o desempenho energético
4.4.2	Requisitos legais e outros requisitos	<p>A) a organização deve identificar, implementar e ter acesso aos requisitos legais aplicáveis e a outros requisitos aos quais a organização subscreve, relacionados à sua eficiência energética e seu uso e consumo de energia</p> <p>B) a organização deve determinar como estes requisitos se aplicam ao uso e consumo de energia e à eficiência energética e deve assegurar que estes requisitos legais e outros requisitos aos quais a organização subscreve são considerados no estabelecimento, implementação e manutenção do SGE</p> <p>C) requisitos legais e outros requisitos devem ser revisados em intervalos definidos.</p>
4.4.3	Revisão Energética	<p>A) analisar o uso e consumo de energia com base em medições e outros dados (identificar as fontes atuais de energia, avaliar o consumo atual e passado)</p> <p>B) com base na análise do uso e consumo de energia, identificar as áreas de uso significativo de energia (identificar as instalações, equipamentos, sistemas, processos e pessoal trabalhando para a organização ou em seu nome que afetam significativamente o uso e consumo de energia; identificar outras variáveis relevantes que afetam os usos significativos de energia; determinar o desempenho energético atual de instalações, equipamentos, sistemas e processos relacionados aos usos significativos de energia identificados; estimar o uso e consumo de energia futuros)</p> <p>C) identificar, priorizar e registrar oportunidades de melhoria de desempenho energético</p>
4.4.4	Linha de Base Energética	A) a organização deve estabelecer linha(s) de base energética utilizando as informações da revisão energética inicial, considerando os dados de um período de tempo apropriado ao uso e consumo de energia da organização. Mudanças no desempenho energético devem ser comparadas à(s) linha(s) de base energética
4.4.5	Indicadores de desempenho energético	<p>A) a organização deve identificar os IDEs apropriados para monitoramento e medição de seu desempenho energético.</p> <p>A metodologia para determinar e atualizar os IDEs deve ser registrada e regularmente revisada</p>

Código	Requisito	Procedimento
4.4.6	Objetivos energéticos, metas energéticas e planos de ação para gestão da energia	A) a organização deve estabelecer, implementar e manter documentados os objetivos e metas energéticas nas funções, níveis, processos ou instalações relevantes da organização. Devem ser estabelecidos cronogramas para cumprimento dos objetivos e metas. Considerar requisitos legais
4.5 Implementação e operação		
4.5.1	Generalidades	A) a organização deve utilizar os planos de ação e outros resultados oriundos do processo de planejamento para a implementação e operação
4.5.2	Competência, treinamento e conscientização	A) a organização deve garantir que quaisquer pessoas trabalhando para ela ou em seu nome e relacionadas aos usos significativos de energia sejam competentes com base em apropriada educação, treinamento, habilidades ou experiência. A organização deve identificar as necessidades de treinamento associadas ao controle dos seus usos significativos de energia e à operação do seu SGE. A organização deve fornecer treinamento ou tomar outras ações para atender a estas necessidades.
4.5.3	Comunicação	A) a organização deve comunicar internamente sobre seu desempenho energético e SGE de forma apropriada ao tamanho da organização. B) a organização deve estabelecer e implementar um processo pelo qual qualquer pessoa trabalhando para ela ou em seu nome possa fazer comentários ou sugestões de melhorias para o SGE. C) a organização deve decidir se comunica externamente sobre a sua política energética, o SGE e o desempenho energético, e deve documentar sua decisão. Se a decisão for comunicar externamente, a organização deve estabelecer e implementar um método para esta comunicação externa.
4.5.4	Documentação	A) documentar escopo e fronteiras do SGE, política energética, objetivos e metas estratégicas e planos de ação B) controle de alterações
4.5.5	Controle Operacional	A) estabelecimento e definição de critérios para a operação e manutenção efetivas relativas aos usos significativos de energia, onde suas ausências podem levar a um desvio significativo do desempenho energético efetivo; B) operação e manutenção de instalações, processos, sistemas e equipamentos de acordo com critérios operacionais C) adequada comunicação dos controles operacionais ao pessoal trabalhando para a organização ou em seu nome
4.5.6	Projeto	A) a organização deve considerar oportunidades de melhoria do desempenho energético e controle operacional no projeto de instalações, equipamentos, sistemas e processos, sejam novos, modificados ou renovados, que possam ter impacto significativo em seu desempenho energético. B) os resultados da avaliação de desempenho energético devem ser incorporados, onde apropriado, às atividades de especificação, projeto e aquisição dos projetos relevantes

Código	Requisito	Procedimento
4.5.7	Aquisição de serviços de energia, produtos, equipamentos e energia	A) ao adquirir serviços de energia, produtos e equipamentos que tenham ou possam ter impacto no uso significativo de energia, a organização deve informar aos fornecedores que a aquisição é em parte avaliada com base em desempenho energético. B) a organização deve estabelecer e implementar os critérios de avaliação de uso e consumo de energia e eficiência energética durante o tempo de vida útil planejado ou esperado na aquisição de produtos, equipamentos e serviços que consomem energia e dos quais é esperado impacto significativo no desempenho energético da organização
4.6 Verificação		
4.6.1	Monitoramento, medição e análise	A) monitorar usos significativos de energia e outros resultados da revisão energética B) monitorar as variáveis relevantes relativas aos usos significativos de energia C) monitorar IDEs D) monitorar a efetividade dos planos de ação para o cumprimento de objetivos e metas E) monitorar avaliação do consumo energético real versus o esperado
4.6.2	Avaliação da conformidade com requisitos legais e outros requisitos	A) em intervalos planejados, a organização deve avaliar a conformidade com requisitos legais e outros requisitos aos quais ela subscreve, relativos ao seu uso e consumo de energia. Registros
4.6.3	Auditoria interna do SGE	A) verificação constante dos planos de ação e indicadores
4.6.4	Não conformidades, correção, ação corretiva e ação preventiva	A) análise crítica de não conformidades ou potenciais não conformidades B) determinação das causas de não conformidades ou potenciais não conformidades C) avaliação da necessidade de ações para assegurar que não conformidades não ocorram ou não ocorram novamente D) determinação e implementação de ações necessárias apropriadas E) manutenção de registros de ações corretivas e preventivas F) análise crítica da efetividade das ações corretivas e preventivas tomadas
4.6.5	Controle de Registros	A) a organização deve estabelecer e manter registros conforme necessários para demonstrar conformidade aos requisitos de seu SGE e a esta Norma e aos resultados de desempenho energético alcançados. B) a organização deve definir e implementar controles para identificação, acesso e retenção de registros.
4.7 Análise Crítica pela Direção		
4.7.1	Generalidades	A) em intervalos planejados, a alta direção deve analisar criticamente o SGE da organização para assegurar sua continuada pertinência, adequação e efetividade

Fonte: Do autor (2020) com base na ISO 50001:2018

A Tabela 9 traz, em resumo ao Apêndice C, os requisitos e procedimentos da ISO 50001 e os artigos que tiveram atividades contemplando-os, que foram identificadas na Metodologia e Resultados de cada estudo.

Tabela 9 – Matriz de registro das atividades identificadas nos estudos conforme os procedimentos e requisitos da ISO 50001

Estudos	Procedimentos da ISO 50001
1	
2	
3	4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.3.C
4	4.4.3.C, 4.4.4.A, 4.6.4.A
5	
6	4.4.3.B, 4.4.3.C
7	
8	4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.3.C, 4.4.4.A, 4.4.6.A, 4.5.1.A, 4.6.1.D, 4.6.3.A, 4.6.4.A
9	4.4.3.A, 4.5.6.A
10	4.2.1.A, 4.2.1.F, 4.2.1.H, 4.5.7.A
11	
12	
13	4.2.2.A
14	4.2.1.B, 4.2.1.C, 4.2.2.B, 4.5.2.A, 4.5.5.B
15	4.2.1.F, 4.3.D, 4.4.2.A, 4.4.3.C, 4.6.1.D, 4.6.4.A
16	4.2.1.D, 4.2.1.F, 4.2.2.E, 4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.3.C, 4.4.4.A, 4.5.2.A, 4.5.4.B, 4.6.1.D, 4.6.1.E, 4.6.3.A, 4.6.4.A
17	4.2.1.A, 4.2.1.B, 4.2.2.B, 4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.3.C, 4.4.4.A, 4.5.2.A
18	4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.4.A, 4.4.5.A, 4.6.1.C
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.3.C, 4.4.4.A, 4.4.5.A, 4.5.5.A, 4.5.5.B, 4.6.1.A, 4.6.1.C
26	4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.4.A, 4.4.5.A
27	4.2.1.B, 4.2.1.C, 4.2.2.A, 4.2.2.B, 4.2.2.C, 4.2.2.G, 4.4.4.A, 4.4.6.A, 4.5.4.A, 4.6.4.E, 4.6.4.F
28	
29	
30	
31	4.4.3.A, 4.4.4.A, 4.4.5.A, 4.6.1.A, 4.6.1.B, 4.6.1.C, 4.6.1.E, 4.6.3.A
32	4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.4.A, 4.6.1.A, 4.6.1.B, 4.6.1.C, 4.6.1.E
33	

Estudos	Procedimentos da ISO 50001
34	4.2.1.A, 4.2.1.B, 4.2.1.C, 4.2.1.D, 4.2.1.E, 4.2.1.F, 4.2.2.B, 4.2.2.C, 4.2.2.D, 4.2.2.G, 4.3.C, 4.3.E, 4.3.H, 4.4.1.A, 4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.3.C, 4.4.4.A, 4.4.5.A, 4.4.6.A, 4.5.2.A, 4.5.3.A, 4.5.3.B, 4.5.3.C, 4.5.4.A, 4.6.1.A, 4.6.1.C, 4.6.1.D, 4.6.1.E, 4.6.2.A, 4.6.3.A, 4.7.1.A
35	4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.3.C, 4.4.4.A
36	
37	
38	4.4.3.A, 4.5.6.A
39	
40	
41	
42	
43	
44	4.4.3.A, 4.5.6.A
45	4.4.3.A, 4.4.3.B, 4.4.4.A, 4.4.5.A
46	
47	4.5.7.A
48	

Fonte: Do autor (2022)

Como pode-se notar na Tabela 9, foram registrados tantos procedimentos da ISO quanto foram encontrados, e vinte e cinco artigos não demonstraram nenhum procedimento sendo aplicado. Deste modo, os demais 23 artigos foram levados em consideração para construção do Framework de Implantação da ISO 50001.

Ao observar os procedimentos mais citados, nota-se também que houveram 13 procedimentos da ISO 50001 que não foram citados em nenhum estudo (4.2.1.G, 4.2.1.I, 4.2.2.F, 4.3.A, 4.3.B, 4.3.G, 4.4.2.B, 4.4.2.C, 4.5.5.C, 4.5.6.B, 4.5.7.B, 4.6.5.A e 4.6.5.B), e portanto o framework não os contemplou, devido à ausência de casos práticos de implantação. Além disso, existem casos onde os relatos práticos são mais frequentes, como é o caso de 4.4.3.A (15 artigos), 4.4.3.B (13 artigos), 4.4.4.A (13 artigos) e 4.4.3.C (11 artigos).

A Tabela 10 detalha as atividades identificadas para cada procedimento da ISO, categorizadas conforme a Tabela 3 (com o número do artigo correspondente entre colchetes) e conforme a Tabela 8 (com a codificação dos requisitos da ISO 50001). Além disso, também demonstra quais foram selecionadas para o framework e quais foram os critérios para excluir as demais.

Tabela 10 – Atividades Identificadas e Seleção

Código	Atividade	Seleção
4.2.1.A	A) [10] A Direção da Empresa deve definir a estratégia, estabelecendo metas de melhoria de eficiência, redução de consumo e redução de emissões.	X
4.2.1.A	B) [17] Definir um Plano de Conservação de Energia.	C
4.2.1.A	C) [34] Definir o planejamento energético anualmente, contemplando investimentos para execução de ações, treinamento, monitoramento etc.	X
4.2.1.B	A) [14] Criar um Departamento de Energia com pessoas dedicadas.	C
4.2.1.B	B) [14] Formar a equipe de gestão energética treinando 1 pessoa por área na norma, para ser o responsável por energia dentro da área.	X
4.2.1.B	C) [14] Criar grupos de trabalho para organizar reuniões e gerar informações ao staff e a todos os colaboradores sobre a implantação da norma.	D
4.2.1.B	D) [14] A Eficiência Energética pode ser administrada pelo departamento de Manutenção.	D
4.2.1.B	E) [17] Definir um time dedicado para os assuntos de gestão energética, com um representante na Diretoria para dar apoio.	C
4.2.1.B	F) [27] Criar um Comitê de Promoção da Integração Energia-Prática, liderado pelo <i>head</i> da área de Maior responsabilidade e autoridade em energia na empresa, sendo este o representante da direção.	C
4.2.1.B	G) [34] A administração da empresa deve criar uma equipe de gestão energética, escolhendo pessoas de diversos departamentos que seriam encarregados da implantação do SGE. Essa equipe deve se reunir mensalmente para avaliação e melhoria do SGE. Anualmente, essa equipe deve fazer o planejamento energético, requerendo investimentos para execução de ações, treinamento, monitoramento e outros fatores à diretoria da empresa, que por sua vez revisa as Políticas Energéticas com mesma frequência.	X
4.2.1.C	A) [14] e [34] Investir em treinamentos à equipe de energia, auditorias, medições e renovação de maquinário.	X
4.2.1.C	B) [27] Contratar auditores e consultores especializados para apoio na implantação do SGE.	X
4.2.1.D	A) [16] Trabalhar com o modelo Lean Six Sigma para a Gestão Energética, e o projeto deve ter problema, objetivo, escopo do trabalho e recursos estimados descritos no business case	I
4.2.1.D	B) [34] Executar uma avaliação de gestão energética com experts de entidades como a <i>United Nation Industrial Development Organization</i> (UNIDO), cujos resultados nortearão o escopo do SGE.	A
4.2.1.E	A) [34] A disseminação em toda a organização deve ser feita pela equipe de gestão energética.	X
4.2.1.F	A) [10] Definir Metas Claras, com objetivo, prazo e histórico, como por exemplo: Reduzir as emissões de CO ₂ por tonelada ou unidade em 35% até o final de 2025 com base em 2006; Reduzir o consumo específico de eletricidade e calor por tonelada	X

Código	Atividade	Seleção
	ou unidade em 15% até o final de 2020 com base em 2010; Melhorar a eficiência energética em 4% até 2020 com base em 2015.	
4.2.1.F	B) [15] Definir metas como: Reduzir consumo de energia melhorando a operação e os processos; Se adequar a determinada lei de eficiência energética; Implantar um sistema de monitoramento e avaliar performance energética; Reduzir a pegada de carbono e habilitar reciclagem/reaproveitamento. Pode-se definir objetivos como os autores fizeram, com objetivo, meta e ações.	D
4.2.1.F	C) [16] Utilizar o Business Case para registro das metas.	I
4.2.1.F	D) [34] Os objetivos e metas devem ser definidos anualmente e revisados periodicamente pela equipe energética, com apoio da diretoria.	X
4.2.1.H	A) [10] As metas macros podem ser definidas com longos prazos de atingimento conforme o desafio, variando entre 5, 10 e 19 anos.	X
4.2.2.A	A) [13] Utilizar índice de sustentabilidade criado por Nakthong e Kubaha (2019) para avaliar a qualidade do SGE e melhorá-lo continuamente.	C
4.2.2.A	B) [27] O Comitê de Promoção Energético multidisciplinar deve estabelecer junto à diretoria como será o SGE, e periodicamente se reunir para discutir a situação e oportunidades energéticas para a empresa.	X
4.2.2.B	A) [14] O representante da direção pode ser um gerente de área, como da Manutenção, ou então pode ser designado um Gestor Energético responsável pelo programa.	X
4.2.2.B	B) [17] A empresa deve possuir um time dedicado para os assuntos de gestão energética, com um Diretor para dar apoio a essa equipe.	C
4.2.2.B	C) [27] Deve existir um Comitê de Promoção Energético liderado pelo head da área de maior responsabilidade e autoridade em energia na empresa, contando também com consultores externos de tecnologia de energia, representantes de departamentos de gestão de energia, líder de tecnologia energética e representantes de instalações públicas e outros departamentos de assistência.	C
4.2.2.B	D) [34] A administração da empresa deve criar uma equipe de gestão energética, escolhendo pessoas de diversos departamentos que seriam encarregados da implantação do SGE.	C
4.2.2.C	A) [27] A equipe energética deve apresentar mensalmente à diretoria as decisões tomadas e o desempenho do SGE.	X
4.2.2.C	B) [34] O desempenho energético e as melhorias do SGE devem ser apresentados mensalmente à diretoria.	D
4.2.2.D	A) [34] O time de energia e o responsável pelas Áreas de Uso Significativo devem definir em conjunto quais as prioridades e compor o Plano de Ação Anual, assinado pela diretoria.	D
4.2.2.E	A) [16] Assim como em um projeto de <i>Lean Six Sigma</i> , deve ser feita uma matriz de seleção da equipe e construção das responsabilidades com a matriz RACI, definição de stakeholders e estratégia de comunicação.	I

Código	Atividade	Seleção
4.2.2.G	A) [27] Registrar as boas práticas de gestão energética dos setores para posterior propagação em outras áreas, levando à conscientização quanto ao tema.	D
4.2.2.G	B) [34] Encorajar os colaboradores a aplicar melhorias em momentos como CCQs, comunicando o compromisso com a gestão energética interna e externamente.	X
4.3.C.	A) [34] As informações do SGE devem ser geridas pela equipe energética, que acompanha e documenta os planos de ação, progresso e desvios para apresentar à diretoria.	X
4.3.D	A) [15] A organização deve contemplar a adequação a leis de eficiência energética ao definir objetivos e metas.	X
4.3.E.	A) [34] A equipe de eficiência energética deve definir o Plano de Ação Anual, e revisar e monitorar mensalmente para estabelecer novos objetivos e metas.	X
4.3.H	A) [34] A Política Energética deve ser revisada anualmente.	X
4.4.1.A	A) [34] Inserir o planejamento energético no planejamento estratégico anual.	X
4.4.2.A	A) [15] Os objetivos e metas devem contemplar a adequação a leis de eficiência energética.	X
4.4.3.A	A) [38] A empresa deve instalar medidores de energia nos equipamentos, de maneira a poder analisar com clareza o consumo de cada um e então implantar projetos de melhoria que trarão <i>payback</i> . Para isso, deve ser priorizada a instalação onde haja mais consumo energético ou menor custo para instalação do medidor.	D
4.4.3.A	B) [44] A empresa deve se preparar para a implantação de um SGE com a instalação de sensores e medidores de energia.	X
4.4.3.A	C) [26] Medir o consumo energético para ter base histórica para o baseline, avaliando quanto cada processo e produto consumiam de energia.	X
4.4.3.A	D) [9] As medições podem seguir o <i>framework</i> de Flick <i>et al.</i> (2019), para a classificação dos equipamentos quanto à facilidade de coletar informações de consumo energético, avaliando questões como a capacidade do equipamento de ser integrado a dispositivos de medição internos ou externos, a interferência humana na medição e avaliação quanto às medições disponibilizadas de fábrica nos equipamentos, além dos equipamentos onde a medição só seria possível através de cálculos e simulações. Assim, as mudanças necessárias nos equipamentos podem ser priorizadas conforme esses critérios.	C
4.4.3.A	E) [18] Devem ser desenvolvidos e implantados mecanismos para avaliação on-line do consumo, que implantados geram oportunidades de redução.	X
4.4.3.A	F) [3] Caso a empresa não tenha registro de muitos dados de consumo energético, pode-se aplicar o modelo de Haeri e Rezaie (2016) para identificação dos principais processos e fontes energéticas a se atuar, com base em um questionário aplicado aos gestores de cada área.	C
4.4.3.A	G) [8][17][25][32] O período/dados analisados podem variar entre 18 meses [17] e 4 anos [8][25] de consumo energético e variação no consumo, separando por área e fonte energética e registrados mensalmente [32]. Esse levantamento deve ser	X

Código	Atividade	Seleção
	baseado em medições nos equipamentos [8]. Os dados de consumo energético devem ser mensurados por componente agregado ao produto, separadamente [35].	
4.4.3.A H)	[45] O principal indicador a ser monitorado deve ser o custo de energia por tonelada/unidade produzida.	X
4.4.3.A I)	[34] Primeiro devem ser elencados os <i>Significant Energy Users</i> (80% do consumo total ou maiores chances de melhoria), tudo isso validado por um auditor externo, e então é definida a equação de baseline conforme o volume de produção para cada uma dessas plantas, utilizando 2 anos de registros mensais.	D
4.4.3.A J)	[16] Efetuar uma análise de gap comparando o consumo real com o consumo nominal (ideal) e com <i>benchmarkings</i> internos.	X
4.4.3.A K)	[31] Os indicadores devem ser separados por área de negócio, célula de produção ou fonte energética, de modo a corretamente identificar o desempenho de cada processo, área ou fonte. Além disso, devem ser atribuídos a áreas com pelo menos um responsável. Assim, os usuários dos indicadores devem ser identificados e definidos, a nível de área utilizadora, planta ou célula.	X
4.4.3.B A)	[3] Caso a empresa não tenha registro de muitos dados de consumo energético, pode-se aplicar o modelo de Haeri e Rezaie (2016) para identificação dos SEU.	C
4.4.3.B B)	[6] Realizar uma análise tanto para identificação da fonte energética mais utilizada quanto da mais cara, pois a mais cara tende a ser representativa com o crescimento da produção, mesmo que não seja a mais utilizada.	D
4.4.3.B C)	[17] Os usuários significativos devem ser avaliados por Planta, conforme a linha de base estabelecida (percentual do consumo total).	X
4.4.3.B D)	[16] Realizar 5W1H para classificação dos consumidores de energia e [16][25] Gráfico de Pareto (80/20) para identificação dos maiores consumidores.	X
4.4.3.B E)	[8] A priorização deve ser do setor de maior utilização.	D
4.4.3.B F)	[26] As áreas de uso significativo e que tem oportunidades podem ser definidas observando o desvio do Índice de Consumo.	D
4.4.3.B G)	[35] As áreas de uso significativo poderiam ser observadas conforme o consumo de cada etapa ou componente agregado ao produto, visível no baseline.	D
4.4.3.B H)	[45] O consumo energético deve ser avaliado olhando para cada planta, e então uma planta pode ser definida como <i>benchmark</i> ou baseline para ações.	D
4.4.3.B I)	[18] Junto à baseline devem ser definidos indicadores para monitoramento mensal dos SEU.	I
4.4.3.B J)	[32] O desempenho deve ser comparado com a baseline para cada fonte energética, cada planta e cada período do ano.	X
4.4.3.B K)	[34] Definir os SEU como as áreas responsáveis por 80% do consumo total.	D

Código	Atividade	Seleção
4.4.3.C	A) [3] Caso a empresa não tenha registro de muitos dados de consumo energético, pode-se aplicar o modelo de Haeri e Rezaie (2016) para identificação das oportunidades de melhoria.	C
4.4.3.C	B) [6] A identificação de oportunidades e melhorias deve selecionar os processos de maior consumo e de utilização de fontes mais caras, então esses serão os processos que precisam de ação.	X
4.4.3.C	C) [8] Utilizar as medições dos equipamentos para a identificação de oportunidades de melhoria, bem como realizar auditorias semanais para identificar vazamentos de vapor, ou identificar anomalias ou perdas em áreas específicas. Também pode-se executar uma auditoria externa por uma empresa especializada para apontar oportunidades de melhoria.	X
4.4.3.C	D) [25] Realizar análise termográfica dos equipamentos e medição de parâmetros relacionados a perda. Cada circuito/célula deve ser avaliado separadamente.	C
4.4.3.C	E) [18] A empresa deve definir indicadores de desempenho (EnPIs) e quando EnPI do mês >EnPI da baseline, há uma ineficiência/opportunidade. A planta, processo e célula onde está ocorrendo os desvios devem ser identificados.	D
4.4.3.C	F) [17] Identificar oportunidades para cada planta pelo time dedicado, executando uma auditoria para cada equipamento, testando os picos e perdas de energia a cada ponto do processo.	D
4.4.3.C	G) [15] Monitorar o Consumo Total de Energia (por fábrica ou planta), Consumo Específico de Energia (por máquina, célula, atividade), Intensidade do Consumo de Energia (Comparar consumo da planta com um <i>benchmarking</i>).	D
4.4.3.C	H) [35] As oportunidades são obtidas ao confrontar o baseline com o desempenho atingido.	D
4.4.3.C	I) [4] Avaliar o desvio padrão frente à baseline. Caso o valor obtido exceda a baseline +3 desvios padrão, considera-se necessário manutenção para falha ou novo plano. Caso seja menor que -3 desvios padrão, considera-se necessário calcular uma nova baseline.	X
4.4.3.C	J) [16] Aplicar ferramentas estatísticas para identificação de desvios à linha de base e investigação da causa raiz.	D
4.4.3.C	K) [34] Cada SEU deve definir uma lista de oportunidades de melhoria (ECO), focando em: reduzir o consumo mínimo de energia (que não varia conforme a produção), controle de fatores críticos operacionais, e mudanças de tecnologia.	D
4.4.4.A	A) [8][17][34] A linha de base deve ser definida com histórico de 18 meses [17], 2 anos [34] ou 4 anos [8] de consumo energético.	X
4.4.4.A	B) [31] A definição da baseline deve ser feita estatisticamente, avaliando um período que pode ser feito utilizando: dados mais recentes disponíveis; dados do melhor desempenho energético; dados com menos outliers/instabilidades.	X
4.4.4.A	C) [4] Estabelecer a baseline anterior à implantação do plano de Eficiência Energética, para comparar com as medições após a implantação.	I
4.4.4.A	D) [16][25] Definição do baseline por Regressão Linear. [25] Analisar correlação entre o volume de produção e o consumo energético mensal. Ao definir a equação, se $R^2 > 0,6$, bons resultados são esperados, e se $R^2 > 0,8$ os resultados serão excelentes. [35] Criar uma equação de volume produzido multiplicado pelo consumo energético unitário de produção,	C

Código	Atividade	Seleção
	somado ao consumo mínimo de energia (não variável). O baseline deve ser definido por produto, ao compor o consumo unitário para produção de cada componente, que somando todos os componentes para poder aplicar a regressão no produto (combinação do consumo para cada componente).	
4.4.4.A E)	[26][27][34] Definição do baseline com base no histórico de utilização de energia. [26] Criar um Índice de Consumo, que é uma equação de reta baseada na relação entre produção total e consumo de energia do período. Além disso, definir o limite superior e inferior de controle para o consumo E no período t como 1 desvio padrão acima ou abaixo, e os desvios a esses valores devem ser avaliados. [34] A equação de baseline é estabelecida conforme o volume de produção para cada uma das plantas. [27] Definir o baseline utilizando a relação entre consumo energético e milhão de dólares de produção.	X
4.4.4.A F)	[32][45] Definição do baseline utilizando o <i>benchmarking</i> interno, o <i>Best-Demonstrated Practice</i> (BDP), o melhor desempenho registrado entre os setores e células. [45] O baseline é definido tomando o consumo da melhor planta (menor custo por tonelada).	D
4.4.5.A A)	[18] Definir indicadores relativos ao baseline.	D
4.4.5.A B)	[25][26][45] Criar indicador de energia total consumida dividido pelo número ou toneladas de produtos fabricados, em quantidade de energia e em valor.	X
4.4.5.A C)	[34] Criar indicador de economia em energia, frente ao baseline, medido mensalmente.	X
4.4.5.A D)	[31] Criar indicadores como gasto com energia, consumo de energia, custo da energia.	X
4.4.5.A E)	[31] Os indicadores devem ser separados por área de negócio, célula de produção ou fonte energética, de modo a corretamente identificar o desempenho de cada processo, área ou fonte.	X
4.4.5.A F)	[31] Atribuir indicadores a áreas com pelo menos um responsável.	I
4.4.5.A G)	[31] Identificar e definir usuários dos indicadores, a nível de área utilizadora, planta ou célula.	X
4.4.5.A H)	[31] Escrever indicadores de maneira a serem bem compreendidos pelos usuários.	X
4.4.5.A I)	[31] Definir um plano de monitoramento, para atualização dos indicadores, responsável pela atualização, fontes de informação etc.	X
4.4.5.A J)	[31] Definir o plano de controle de desempenho, de modo a facilmente comparar o resultado com o baseline e alertar desvios, preferencialmente em uma matriz de controle.	C
4.4.5.A K)	[26] Definir metas utilizando <i>benchmark</i> interno (melhores dias, de melhor Índice de Consumo).	X
4.4.6.A A)	[27] Definir processos de revisão energética e integração entre vários departamentos, documentando os ganhos obtidos em eficiência para que possam ser aplicados em outros setores e obter resultados similares.	X
4.4.6.A B)	[8] Definir Plano de Ação com base no parecer de auditores internos e externos e nas sugestões de equipe especializada.	C
4.4.6.A C)	[8] Estruturar Plano de Ação com status da ação, descrição do objetivo, ações para atingir cada objetivo, responsável pela ação, data de finalização (inicial, revisada e atual), e <i>savings</i> planejados.	X

Código	Atividade	Seleção
4.4.6.A	D) [34] Registrar metas e objetivos no Plano de Ação Anual, assinado pela diretoria.	D
4.5.2.A	A) [16][34] Elaborar [16] Matriz RACI, [16] Matriz de Formação de Equipe ou [34] Matriz de Competência para identificar necessidades de capacitação e treinamento.	I
4.5.2.A	B) [14][17] Organizar treinamentos relacionados a Eficiência Energética para os colaboradores e contratados, preferencialmente com tutores experientes externos.	X
4.5.2.A	C) [14] Disseminar conhecimento obtido nos treinamentos na empresa.	X
4.5.3.A	A) [34] Encorajar os colaboradores a aplicar melhorias em momentos como CCQs	D
4.5.3.A	B) [34] Comunicar o compromisso com a gestão energética interna e externamente.	X
4.5.3.B	A) [34] Encorajar os colaboradores a aplicar melhorias em momentos como CCQs	X
4.5.3.C	A) [34] Comunicar o compromisso com a gestão energética interna e externamente.	D
4.5.4.A	A) [27] Documentar os ganhos obtidos em eficiência para que possam ser aplicados em outros setores e obter resultados similares.	X
4.5.4.A	B) [34] Coletar assinatura da Diretoria em tudo que for elaborado pela equipe de energia.	I
4.5.5.A	A) [25] Sempre que o desempenho estiver abaixo do baseline, reconfigurar e fazer manutenção dos <i>clusters</i> ou células responsáveis pelo desempenho ruim.	D
4.5.5.B	A) [14] Estabelecer políticas de manutenção preventiva nos equipamentos e pontos críticos de consumo de energia, com inspeções frequentes para identificação de possíveis falhas.	X
4.5.5.B	B) [25] Executar inspeções periódicas e avaliações termográficas dos dispositivos	C
4.5.5.B	C) [25] Padronizar desempenhos dos equipamentos (reconfiguração e manutenção dos piores clusters/células para desempenharem como os melhores).	X
4.5.6.A	A) [9] Identificar e aplicar melhorias nas formas de medição de energia de cada equipamento para a correta atuação posterior na melhoria energética.	I
4.5.6.A	B) [38][44] A organização deve investir em medição de consumo energético, para então implantar o SGE.	D
4.5.7.A	A) [10] Executar uma pesquisa com fornecedores quanto a eficiência energética, contribuindo para o entendimento de que a empresa se preocupa com esse tema.	C
4.5.7.A	B) [10] Fomentar que os fornecedores tenham práticas de eficiência, capacitando-os quando necessário e expondo os pontos de melhoria para o trabalho em conjunto.	X
4.5.7.A	C) [47] Realizar uma avaliação de sustentabilidade nos fornecedores.	C
4.6.1.A	A) [31] Monitorar resultados através dos indicadores definidos, que devem ter responsável e frequência de atualização definidos.	D
4.6.1.A	B) [32][34] Comparar desempenho com a baseline para cada fonte energética, cada planta e cada período do ano.	X

Código	Atividade	Seleção
4.6.1.A	C) [25] Avaliar resultados confrontando baseline x realização e em inspeções termográficas de rotina.	D
4.6.1.B	A) [32] Definir variáveis conforme o negócio.	I
4.6.1.B	B) [31] Monitorar resultados através dos indicadores definidos, que devem ter responsável e frequência de atualização definidos.	X
4.6.1.C	A) [31] Definir plano de monitoramento para atualização dos indicadores, responsável pela atualização, fontes de informação etc. Atrelado a isso, também deve-se definir o plano de controle de desempenho, de modo a facilmente comparar o resultado com o baseline e alertar desvios, preferencialmente em uma matriz de controle.	X
4.6.1.C	B) [18] Monitorar indicadores em tempo real por meio de mecanismos instalados nos equipamentos [34] ou no mínimo mensalmente	D
4.6.1.C	C) [25] Monitorar consumo de energia por produto fabricado.	X
4.6.1.C	D) [32] Monitorar potencial de redução de emissão de CO2, com potencial de emissão de créditos de carbono.	A
4.6.1.E	A) [16] Monitorar efetividade dos planos de ação conforme planejado utilizando o indicador chave definido.	D
4.6.1.E	B) [31][32][34] Monitorar o consumo energético confrontando o baseline com o consumo real e com o [32] <i>benchmark</i> interno e com [34] outras plantas.	X
4.6.2.A	A) [34] Promover auditorias internas uma vez por ano e auditorias externas no mínimo uma vez a cada três anos.	X
4.6.3.A	A) [8] Atualizar planos de ação mensalmente.	X
4.6.3.A	B) [34] Verificar planos de ação mensalmente e resultados em auditoria interna anual e externa trienal.	D
4.6.3.A	C) [31] Monitorar os IDEs definidos para levantar o desempenho dos planos de ação, confrontando com o baseline.	D
4.6.4.A	A) [4] Analisar não conformidades conforme confronto com a baseline, sempre analisando 3 desvios padrão para mais ou para menos, entendendo-se que quando ocorrer são causas especiais que devem ser tratadas.	D
4.6.4.A	B) [8][15] As não conformidades devem ser avaliadas pelo gestor energético junto à equipe na revisão mensal do plano de ação, criando tratativas para as variações do planejamento.	X
4.6.4.A	C) [16] Criar FMEA para definição de principais riscos à execução (geradores de não conformidades) e avaliação constante dos planos.	C
4.6.4.E	A) [27] Documentar ganhos obtidos em eficiência para que possam ser aplicados em outros setores e obter resultados similares.	D
4.6.4.F	A) [27] Documentar ganhos obtidos em eficiência para que possam ser aplicados em outros setores e obter resultados similares.	D
4.7.1.A	A) [34] A direção deve analisar o desempenho do SGE no mínimo anualmente.	D

Fonte: Do autor (2022).

Do total de 131 atividades identificadas, 62 foram selecionadas para fazer parte do *framework*, conforme os critérios de Aplicabilidade, Complexidade, Duplicidade de Esforços e Importância. Duas atividades foram removidas por não serem aplicáveis (A) fora do contexto dos estudos onde foram identificadas, vinte foram removidas por serem de alta complexidade (C) e possuírem substitutas de menor complexidade dentre as selecionadas, trinta e seis atividades em duplicidade (D) foram removidas por haverem outras que entregariam o mesmo resultado com menor esforço, e dez foram removidas por serem consideradas de menor importância (I) ao implantar a ISO 50001.

4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PROPOSTA DE *FRAMEWORK* DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001

As 62 atividades selecionadas foram classificadas entre as fases de Preparação e Implantação, com periodicidade anual ou mensal estabelecida e sequenciamento lógico para implantação, conforme visível na Tabela 11:

Tabela 11 – Atividades de Implantação da ISO 50001 Classificadas e Sequenciadas

Etapa	Frequência	Núm. de Atividades	Atividades Sequenciadas
Preparação	Sempre que necessário	12	(1) 4.2.1.H.A, (1) 4.2.1.H.A, (1) 4.2.1.F.A, (2) 4.2.1.C.B, (3) 4.4.3.A.B, (3) 4.4.3.A.E, (4) 4.3.D.A, (4) 4.4.3.A.C, (4) 4.4.3.A.G, (5) 4.2.1.B.G, (5) 4.2.2.B.A, (6) 4.2.1.B.B
Implantação	Anualmente	30	(1) 4.4.1.A.A, (1) 4.4.1.A.A, (1) 4.2.1.A.A, (1) 4.2.1.A.C, (1) 4.3.H.A, (2) 4.4.2.A.A, (2) 4.2.1.F.D, (2) 4.2.2.A.B, (3) 4.4.4.A.A, (3) 4.4.4.A.B, (3) 4.4.4.A.E, (4) 4.4.3.A.J, (5) 4.4.3.B.C, (6) 4.4.3.B.D, (7) 4.4.3.C.B, (8) 4.4.3.C.I, (9) 4.4.3.A.H, (9) 4.4.5.A.B, (9) 4.4.5.A.C, (9) 4.4.5.A.D, (10) 4.4.3.A.K, (10) 4.4.5.A.E, (10) 4.4.5.A.G, (10) 4.4.5.A.H, (10) 4.4.5.A.I, (10) 4.4.5.A.K, (10) 4.4.6.A.C, (10) 4.6.1.C.A, (11) 4.6.2.A.A, (12) 4.5.7.A.B
Implantação	Mensalmente	18	(1) 4.4.3.B.J, (1) 4.4.3.B.J, (1) 4.4.3.C.C, (1) 4.6.1.A.B, (1) 4.6.1.B.B, (1) 4.6.1.C.C, (1) 4.6.1.E.B, (2) 4.6.3.A.A, (2) 4.3.E.A, (3) 4.6.4.A.B, (4) 4.5.5.B.A, (4) 4.5.5.B.C,

Etapa	Frequência	Núm. de Atividades	Atividades Sequenciadas
			(5) 4.4.6.A.A, (6) 4.5.4.A.A, (7) 4.2.1.E.A, (7) 4.2.2.G.B, (7) 4.5.3.B.A, (8) 4.3.C.A
Implantação	Sempre que necessário	2	(1) 4.5.2.A.B, (1) 4.5.2.A.B

Fonte: Do autor (2022).

Observando a Tabela 11, é possível notar que o maior volume de atividades possui frequência anual, sendo composto por atividades de planejamento, definição de indicadores e metas, planos de ação e acompanhamentos pela diretoria. Já as atividades mensais contemplam o acompanhamento dos planos de ação definidos, monitoramento de indicadores, definição de tratativas para não conformidades etc. As atividades de implantação sem frequência definida dizem respeito a capacitação e disseminação de boas práticas entre setores, e a preparação consiste em todas as atividades prévias à implantação do SGE, incluindo a definição de metas de longo prazo, definição e formação da equipe de Gestão Energética, Política Energética etc.

Após a identificação das Diretrizes Estratégicas nos artigos que compuseram a base do presente estudo, essas foram ordenadas conforme o número de atividades com as quais estavam relacionadas, nas fases de Preparação e Implantação. Desta forma, as Diretrizes de apoio à etapa de Preparação (as que mais tiveram atividades relacionadas nessa fase) foram Metas Claras e Capacitação da Equipe; quanto à etapa de Implantação, as Diretrizes definidas foram Equipe Dedicada e Medição Eficiente. Desta forma, após a identificação, seleção, classificação e sequenciamento das atividades, foi definida a primeira versão do *Framework* de Implantação da ISO 50001 (Apêndice F).

Assim, a proposta de *framework* foi submetida à avaliação dos profissionais de Eficiência Energética e Especialistas em PDCA em dois Painéis de Especialistas. Na Tabela 12, encontra-se a caracterização dos especialistas participantes.

Tabela 12 – Caracterização dos profissionais participantes dos Painéis de Especialistas.

Especialista	Painel	Experiência Profissional
GC	PDCA	Sócio e Consultor de uma das maiores empresas de consultoria do Brasil, sendo esta especialista na implantação do método PDCA em seus clientes. Engenheiro de Produção e Black Belt em <i>Lean Six Sigma</i> , atua com a implantação do método PDCA há mais de 6 anos em grandes indústrias nacionais e multinacionais dos segmentos alimentar, têxtil e agroindustrial.
SS	PDCA	Sócio e Instrutor de uma empresa de treinamento e consultoria em <i>Lean Six Sigma</i> , tendo implantado projetos de melhoria em diversas áreas de indústrias de vários segmentos como agroindustrial, têxtil e alimentar. Engenheiro de Produção e Master Black Belt em Lean Six Sigma, possui mais de seis anos com experiência em implantação do PDCA.
RB	Eficiência Energética	Coordenador de Engenharia Elétrica em um dos maiores abatedouros de aves do Brasil. Engenheiro Eletricista, possui 14 anos de experiência com gestão energética e aplicação de melhorias em energia. Além disso, por mais de quatro anos foi Especialista em Excelência Energética no mesmo frigorífico, sendo responsável pela área.
RH	Eficiência Energética	Trainee de Manutenção de uma das maiores empresas de mineração do mundo, cujo setor de Manutenção possui um responsável exclusivo à utilização de energia e melhoria contínua no consumo de recursos. Engenheiro Mecânico e Green Belt em Lean Six Sigma, tendo atuado em áreas de manutenção, melhoria e produtividade por mais de 10 anos.

Fonte: Do autor (2022).

No decorrer da aplicação do Protocolo (Apêndice E), as respostas de cada um foram registradas, conforme disponível na Tabela 13:

Tabela 13 – Respostas dos profissionais às perguntas do Protocolo aplicado no Painel de Especialistas

Pergunta	Resposta
1. Gostaria de confirmar: você leu o material enviado?	[GC] Sim. [SS] Sim. [RB] Sim. [RH] Sim.
2. Gostaria de fazer algum comentário, sugestão ou tirar alguma dúvida antes de iniciarmos, baseado na sua leitura?	[GC] Eu organizaria conforme o Sistema de Gestão da ISO, pra ficar claro se estou cumprindo todas as atividades. Ou como o PDCA. Se conseguir colocar tempo para cada atividade, seria legal também. [GC] Algumas atividades estão repetitivas, revisaria para agrupar várias em uma só. [SS] Achei interessante separar as etapas em planejamento e implantação, reflete bem o PDCA. Adicionalmente, levaria a etapa de auditoria, colocada bem no início, mais para o final, para poderem opinar no SGE já implantado, e só dar o parecer para certificar, para o final do primeiro ano. [SS] Um ponto importante, é testar o processo de gestão energética, se for possível simular primeiro em uma só célula, ou departamento, para avaliar se o modelo está ok, e definir se é o que a empresa quer, antes de implantar na empresa inteira. [RB] Minha principal sugestão, é nas atividades que foi colocado como “Sempre que Necessário”, sugiro rever, porque fica muito aberto e nem sempre quem ler vai conseguir saber quando deve fazer. Então eu definiria uma periodicidade, ou um gatilho/evento que demonstrasse a necessidade de fazer essa atividade. [RH] Como comentário geral, eu daria foco maior na etapa de Check, do PDCA. Pela minha experiência, acontece muito que seja somente uma verificação das melhorias só pelo número. Acredito que o ideal seria a Diretoria, ou a equipe, verificar in loco se o que foi proposto foi aplicado. [RH] Também definiria a cadeia de ajuda da área. Por exemplo, quando algum problema acontecer, como falta de verba para execução das ações, definir quem são as pessoas que resolvem esses problemas, para não ficar com ações paradas por muito tempo.
3. Você acredita que a organização das atividades, em Preparo para a Implantação, e Implantação, é a ideal? Organizaria de maneira	[GC] Sim. Acredito só que tem uma atividade muito vaga, que é a última “Sempre que Necessário”, talvez fosse melhor não colocar, se não for colocar como vai ser a capacitação e a disseminação. [SS] Não organizaria de maneira diferente, acho que reflete bem o PDCA. [RB] Sim, é o ideal, só daria atenção ao que comentei sobre “Sempre que Necessário”. [RH] Acredito que sim, talvez pudesse também, separar por áreas, porque as áreas de menor nível não precisam necessariamente saber o que a Diretoria faz.

Pergunta	Resposta
<p>diferente?</p> <p>4. Se tratando da composição da equipe de eficiência energética, algumas indústrias trouxeram equipes dedicadas exclusivamente a eficiência energia, enquanto outras criaram times compostos por várias áreas. (Ler atividades de definição da equipe e do representante da direção). Você acredita que essa organização, de times compostos por várias áreas, funcionaria? Ou o melhor seria um time dedicado?</p>	<p>[GC] Pensando em replicação, é melhor que seja uma equipe que participe de outras áreas. Dedicada, é difícil pelo porte das empresas.</p> <p>[SS] Acredito que funcionaria com equipe distribuída em várias áreas, sem uma área exclusiva para Eficiência Energética.</p> <p>[RB] Na minha opinião se não tiver um responsável definido, não funciona. Não precisa ser uma equipe muito grande, pode ser uma ou duas pessoas, mas precisa ter um responsável por Gestão Energética. As pessoas que vão ajudar a planejar e executar as ações, essas não precisam estar na equipe, mas precisa ter alguém cuidando do processo.</p> <p>[RH] Aqui na indústria onde trabalho, a área de Processos de Manutenção, que dentro tem uma célula de Eficiência Energética, trabalha atendendo toda a indústria, e existem pessoas em outras áreas da indústria que fazem parte desse time e aplicam as ações indiretamente. Então acredito que essa equipe distribuída funciona sim, pelo menos aqui funciona.</p>
<p>5. Acredita que as metas de Eficiência Energética devem ser inseridas no planejamento estratégico?</p>	<p>[GC] Sinceramente, não. Isso é mais operacional, na estratégia deve estar a redução de custos da empresa. Mas certamente estará se o motivo de implantar for Sustentabilidade, nesse sentido colocaria. Mas no viés de custo, acaba sendo mais abrangente o plano estratégico, sem trazer tipo de custo.</p> <p>[SS] Sim, acredito que faz sentido.</p> <p>[RB] Com certeza deve estar no Planejamento Estratégico, se não houver participação e engajamento da diretoria, não será aplicado. Para mim isso é o mais importante.</p> <p>[RH] Com certeza, aqui temos metas como por exemplo, a empresa ser Carbono Neutro, até 2030, e deixar de usar combustível fóssil até 2050. Totalmente na estratégia.</p>
<p>6. Em se tratando de</p>	<p>[GC] Partindo do pressuposto que tem medidor, 18 meses é ok. Mas não precisaria, se forem 18 meses de dados</p>

Pergunta	Resposta
definição de baseline, o período mínimo de dados necessários para sua definição, pelo que foi trazido pelos artigos estudados, é de 18 meses. Acredita que esse seja o período ideal?	<p>mensais, está bom. Mas se forem 18 meses de diários, é até muito, se você linearizar pelo volume de produção.</p> <p>[SS] Depende dos indicadores que já existem. Se já existir algum indicador, posso pegar dois anos para utilizar que seria ideal, para não pegar ano atípico. Agora se não tem indicadores, como é o que acontece na maioria das vezes, começar pequeno pode ser o caminho, pelo menos a conta de energia a empresa vai ter. Mapeia quais são os indicadores mais detalhados que vai precisar, por máquina etc., levanta dois meses e já começa. Precisa trabalhar com o que tem.</p> <p>[RB] Acredito que um ano é suficiente. Também não adianta pegar dados muito antigos, porque muitas vezes até a tecnologia das máquinas instaladas na planta já é mais avançada do que era no passado, e consome menos por isso hoje.</p> <p>[RH] A estatística diz que temos que ter o mínimo de 30 amostras, mas posso começar com poucas amostras, pra determinar as primeiras ações que inclusive tragam ganho. Então é implantar a medição, medir por 30 dias e fazer com isso, depois continuar medindo.</p>
7. Os indicadores energéticos trazidos são suficientes para iniciar um SGE? (Ler atividades de definição de indicadores)	<p>[GC] Perfeito, não adicionaria nenhum. Ficaram ótimos, normalmente o pessoal monitora consumo nominal, e não por produto.</p> <p>[SS] Acredito que sim.</p> <p>[RB] Acrescentaria indicadores técnicos quanto à qualidade da fonte energética, porque ele reflete no final. Por exemplo, umidade da lenha ou do cavaco, do carvão. Por exemplo, fator de potência baixo, pode representar o mesmo consumo, mas custo maior.</p> <p>[RH] Acredito que sim, adicionaria uma análise aqui, que é verificar o maior custo benefício, e não só os maiores consumos por tonelada ou consumos nominais. Porque por vezes, com pouco investimento, pode-se trazer os primeiros resultados para a empresa patrocinar as iniciativas.</p>
8. Para a definição de plano de ação e monitoramento, acredita que as atividades propostas são suficientes? (Ler atividades de definição de plano de ação e monitoramento de indicadores)	<p>[GC] Na minha opinião o consumo energético, medido pelos medidores, tem que ser avaliado diariamente ou semanalmente. Porque a ideia é remover anomalias, pequenos erros de equipamento, pequenas manutenções.</p> <p>[SS] Acredito que sim, fora essas acredito que seria algo particular da empresa ou das ações definidas, pra ser diferente.</p> <p>[RB] Sim.</p> <p>[RH] Sim, não tenho sugestões.</p>

Pergunta	Resposta
9. Você acredita que é suficiente atualizar os planos de ação mensalmente? Faria com mais ou menos frequência?	<p>[GC] Sim, acredito que sim.</p> <p>[SS] Depende das ações definidas, se as ações forem nessa velocidade, pode ser nessa frequência sim. Tem ações que vão demandar maior frequência, e outras com menor frequência.</p> <p>[RB] Uma vez por mês é suficiente, mais do que isso não é factível. Quem vai executar o plano de ação tem que estar diariamente envolvido na execução, mas verificar junto à equipe de eficiência mensal basta.</p> <p>[RH] Acredito que sim, depende das ações.</p>
10. O monitoramento de indicadores e confronto do baseline deve ser mensal, ou mais ou menos frequente?	<p>[GC] Acredito que mensal esteja bom.</p> <p>[SS] Depende do indicador, alguns podem ser até mais frequentes, mas depende.</p> <p>[RB] Tudo depende do nível de medição da indústria. A grande maioria das indústrias, vai ter como único sistema de medição a fatura de energia, e aí é mensal.</p> <p>[RH] Deveria ser diário, mas como não é possível, está ótimo mensal.</p>
11. Acredita que treinamentos e disseminação do conhecimento devem ser feitos sempre que necessário, ou deve ser uma rotina mensal ou anual da indústria?	<p>[GC] Sim, continuamente.</p> <p>[SS] Acredito que sim, até mesmo para cobrir o turnover. Porque quando entrar uma nova pessoa, se ele só aprender com quem já está na área, talvez o conhecimento se perca. E sobre disseminação seria legal fechar parcerias com Marketing, o CEO comentar sobre o tema em algum canal interno de comunicação, assim por diante.</p> <p>[RB] Sim, mas precisa colocar o que indica que isso é necessário.</p> <p>[RH] Sim, isso é o mais importante de tudo.</p>
12. De todas as atividades, qual ou quais são as mais importantes, na sua opinião?	<p>[GC] A reunião da equipe anualmente, mudaria até para semestralmente, porque provavelmente é aqui que serão decididos os investimentos, e é isso que dá resultado, não sair apagando luz.</p> <p>[GC] A rotina diária ou semanal também muda o jogo, impacto muito grande no resultado. Atualizar os planos de ação, também.</p> <p>[SS] Acredito que o mais importante é pensar em como perpetuar esse processo, como os indicadores serão monitorados e acompanhados.</p> <p>[RB] Envolvimento da Diretoria é o principal. Tanto na definição de metas, quanto como patrocinador desse projeto todo. Porque sem esse apoio, nada vai andar, os responsáveis não vão executar as atividades e o planejamento não vai sair do papel.</p> <p>[RH] A escolha e capacitação da equipe, que deve ser engajada. E além disso, a disseminação do conhecimento.</p>
13. De todas as atividades, existe	[GC] Existe uma atividade repetida, Implantação anual, item 10. Também removeria a avaliação ou conscientização de fornecedores, não precisa nesse momento inicial. Não acho que essa seja uma prática brasileira trabalhar com

Pergunta	Resposta
alguma que você eliminaria do processo de implantação? Qual?	<p>fornecedores dessa forma.</p> <p>[SS] Na página 5 do material, na Implantação, item 10, há uma atividade repetida, poderia remover.</p> <p>[RB] Contratar auditores ou consultores especializados, acho que é dispensável no início. Os auditores não vão ter muito o que visualizar, se você está em um estágio muito inicial. Se não tenho nem medição, o que eles podem fazer? Só se for para auxiliar na parte burocrática da norma.</p>
14. Você adicionaria alguma atividade que não foi trazida?	<p>[RH] Tem uma atividade repetida no item 7, da etapa mensal, removeria ela. Outra, no item 10 da etapa anual.</p> <p>[GC] Está faltando essa uma diária de verificação do consumo, pra tratar anomalias, indicadores de performance. Normalmente algumas indústrias já tem reuniões de produtividade diárias, seria só adicionar nessa reunião, pra alguém atuar rapidamente.</p> <p>[SS] Adicionaria uma análise de risco, para contemplar o que pode dar errado na gestão de energia, e que pode acabar atrapalhando o processo definido. Colocaria no começo, ao avaliar o processo que se deseja, se há <i>poka yokes</i> para inserir.</p> <p>[RB] Colocaria uma revisão da Missão, Visão e Valores da empresa, para verificar se é possível colocar isso como um Valor pra ela, a Eficiência Energética.</p> <p>[RH] A princípio não, fora o que já comentei.</p>
15. Você acredita que com as atividades propostas, pode-se considerar que há um ciclo de melhoria contínua (PDCA) em Gestão Energética?	<p>[GC] Sim.</p> <p>[SS] Com certeza, trazendo a qual etapa do PDCA cada atividade pertence, acredito que fique melhor ainda.</p> <p>[RB] Mais ou menos, acredito que poderia classificar cada atividade com a etapa do PDCA, para facilitar a visualização. Acho que agrega bastante, sei que talvez não seja tão inovador fazer isso, mas ajudaria muito.</p> <p>[RH] Acredito que sim, é bem visível o ciclo de melhoria. Porém, algumas atividades poderiam ser resumidas, sintetizadas, porque na verdade são uma atividade só. Por exemplo, onde fala de reunião anual, aproveitar a reunião pra mais de uma coisa.</p>
16. Você concorda com a periodicidade das atividades? Faria alguma alteração?	<p>[GC] Tirando o que já falei, não alteraria.</p> <p>[SS] Fora o que já comentei, acredito que não.</p> <p>[RB] Concordo como está, adicionaria os gatilhos para “Sempre que Necessário”.</p> <p>[RH] Concordo.</p>
17. (Apresentar <i>framework</i> visual). Observando essa figura, você acredita que ela retrata com clareza as	<p>[GC] Sim, mas organizar conforme o PDCA talvez ficasse mais aderente à norma. A Implantação ficou muito grande, por isso acho que seria até legal dividir.</p> <p>[SS] Tentaria organizar conforme o PDCA, separando qual atividade faz parte de qual etapa, isso agregaria para quem vê.</p> <p>[RB] Faz bastante sentido, ser um ciclo sem fim de atividades, acho que está bem claro. Mas para ficar mais fácil,</p>

Pergunta	Resposta
atividades propostas? Faria alguma alteração?	colocaria índices ou números nas atividades, pra você poder imprimir a figura com a tabela de atividades ao lado. Mas legal que basicamente a Preparação é o Projeto, e depois a Implantação vira um processo. [RH] Faria a estruturação das atividades sob a ótica do PDCA, para facilitar a visualização. E estruturaria bem o Check.
18. Você concorda que fatores como definição de Metas Claras e Capacitação da Equipe são importantes na fase de Preparação?	[GC] Concordo, mas adicionaria Redução de Custos. [SS] Concordo. [RB] Concordo, sendo Metas Claras o mais importante, onde adicionaria a parte da visão, missão, valores. [RH] Concordo, mas adicionaria questões de Redução de Custos.
19. Você concorda que fatores como Medição Eficiente e Equipe Dedicada são importantes na fase de Implantação?	[GC] Concordo. [SS] Faz muito sentido, principalmente a parte da Equipe, que seja uma equipe que tenha responsabilidade e dedicação, mesmo que não exclusiva, ao tema. [RB] Sim, concordo. [RH] Concordo, e a gestão tem que estar ciente que a equipe estará assumindo a demanda de Eficiência Energética.
20. Você utilizaria esse <i>framework</i> no seu dia a dia, ao trabalhar com Eficiência Energética?	[GC] Com certeza, inclusive ia enviar para o pessoal aqui da fábrica, mas como não está publicado, prefiro esperar você me enviar a versão final. [SS] Acredito que sim, uma vez que o PDCA está evidente, como eu acredito muito no método, acho que com certeza utilizaria, seguindo a metodologia. Gosto bastante da fase de Preparação, porque a chance de sucesso aumenta muito se ela for bem executada. [RB] Utilizaria sim, talvez melhorando algumas coisas no texto, mas se olhar a norma e esse material, com certeza esse material ajuda bem mais do que a norma. E tudo que você puder adicionar mais exemplos, mais detalhes, para pessoas com menor experiência, ajudaria mais ainda. Quanto mais detalhe melhor, porque a norma não fala frequência, quando fazer cada atividade, nada do tipo. [RH] Com certeza.

Fonte: Do autor (2022).

Devido aos *feedbacks* dos profissionais entrevistados na execução dos Painéis de Especialistas, as atividades foram reorganizadas, removidas ou reescritas para aumentar a aderência do *framework*. Deste modo, conforme disponível na Tabela 14, de 62 atividades, o processo de implantação final passou a contar com 55 atividades. Além disso, também ocorreram alterações conforme sugerido pelos Especialistas, que na Tabela 14 foram identificados com o sufixo [PE], e as atividades foram classificadas por Etapa do PDCA, após sugestão unânime (e espontânea) de todos os especialistas.

Tabela 14 – Atividades do *Framework* de Implantação da ISO 50001

Sequência	Atividade	Etapa do PDCA
Preparação		
1.1	[PE] A diretoria da empresa deve estar engajada e ser a principal patrocinadora da implantação de um SGE. [PE] Se não se tornar cultura da empresa, e não vier da alta direção, qualquer iniciativa terá pouca chance de sucesso.	P
1.2	[10] As metas macro podem ser definidas com longos prazos de atingimento conforme o desafio, variando entre 5, 10 e 19 anos.	
1.3	[10] Definir Metas Claras, com objetivo, prazo e histórico, como por exemplo: Reduzir as emissões de CO2 por tonelada ou unidade em 35% até o final de 2025 com base em 2006; reduzir o consumo específico de eletricidade e calor por tonelada ou unidade em 15% até o final de 2020 com base em 2010; melhorar a eficiência energética em 4% até 2020 com base em 2015.	P
2.1	[44] A empresa deve se preparar para a implantação de um SGE com a instalação de sensores e medidores de energia.	P
2.2	[18] Devem ser desenvolvidos e implantados mecanismos para avaliação on-line do consumo, que implantados geram oportunidades de redução.	P
3.1	[15] A organização deve contemplar a adequação a leis de eficiência energética de seu país, estado ou cidade ao definir objetivos e metas. [PE] Para isso, deve pesquisar ou verificar com advogados da área quais leis estão vigentes.	P
3.2	[26] Medir o consumo energético para ter base histórica para o baseline, avaliando quanto cada processo e produto consumiam de energia.	P
3.3	O período/dados analisados podem variar entre 12 meses [PE], 18 meses [17] e 4 anos [8][25] de consumo energético e variação no consumo, separando por área e fonte energética e registrados mensalmente [32]. Esse levantamento deve ser baseado em medições nos equipamentos [8]. Os dados de consumo energético devem ser mensurados por componente agregado ao produto, separadamente [35].	P
4.1	[34] A administração da empresa deve criar uma equipe de gestão energética, escolhendo pessoas de diversos departamentos que seriam encarregados da implantação do SGE. [PE] Apesar da equipe multidisciplinar, deve haver pelo menos uma pequena equipe responsável pela área, que será o representante da direção e pelo menos mais uma pessoa, normalmente um Engenheiro Eletricista. [PE] Sem esse responsável, dificilmente haverá sucesso na implantação.	P
4.2	[14] O representante da direção pode ser um gerente de área, como da Manutenção, ou então pode ser designado um Gestor Energético responsável pelo programa.	P
5.1	[14] e [34] Investir em treinamentos à equipe de energia, auditorias, medições e renovação de maquinário.	P

Sequência	Atividade	Etapa do PDCA
Implantação: Atividades Anuais		
6.1	[34] Inserir o planejamento energético no planejamento estratégico anual, contemplando investimentos para execução de ações, treinamento, monitoramento etc.	P
6.2	[10] A Direção da Empresa deve definir a estratégia, estabelecendo metas de melhoria de eficiência, redução de consumo e redução de emissões.	P
6.3	[34] Revisar a Política Energética.	P
7.1	[34] Os objetivos e metas devem ser definidos e revisados pela equipe energética, com apoio da diretoria, e [15] contemplar a adequação a leis de eficiência energética.	P
7.2	[27] O Comitê de Promoção Energético multidisciplinar deve estabelecer junto à diretoria como será o SGE, e periodicamente se reunir para discutir a situação e oportunidades energéticas para a empresa. [PE] Se possível, poderia simular a aplicação em um setor ou planta, para depois ajustar ao que a diretoria espera e replicar em outras áreas.	P
7.3	[34] A equipe de Eficiência Energética deve fazer o planejamento energético, requerendo investimentos para execução de ações, treinamento, monitoramento e outros fatores à diretoria da empresa.	P
8.1	[8][17][34] A linha de base deve ser definida com histórico de 12 meses [PE], 18 meses [17], 2 anos [34] ou 4 anos [8] de consumo energético. [PE] Deve-se levar em consideração que a forma de medição utilizada para definir o horizonte correto, pois se houverem medidores online na linha de produção, até mesmo o intervalo de alguns dias já dará pontos de dados suficientes para fazer uma boa análise. [PE] O ideal é ter pelo menos 18 pontos de dados, estatisticamente. [PE] Muitas vezes, a fatura de energia elétrica, ou o custo com lenha, carvão etc. já serve como base para as primeiras análises, e é algo que a maioria das empresas terá.	P
8.2	[31] A definição da baseline deve ser feita estatisticamente, utilizando: dados mais recentes disponíveis; dados do melhor desempenho energético; dados com menos outliers/instabilidades. [PE] Também deve-se levar em conta as mudanças executadas na indústria, pois muitas vezes ocorrem mudanças de maquinário que alteram drasticamente o desempenho energético, e portanto utilizar um período muito longo pode ser prejudicial à análise nesses casos.	P
8.3	[26] Criar um Índice de Consumo, que é uma equação de reta baseada na relação entre produção total e consumo de energia do período. Além disso, definir o limite superior e inferior de controle para o consumo E no período t como 1 desvio padrão acima ou abaixo, e os desvios a esses valores devem ser avaliados. [34] A equação de baseline também pode ser estabelecida conforme o volume de produção para cada uma das plantas.	P
9.1	[16] Efetuar uma análise de gap comparando o consumo real com o consumo nominal (ideal) e com <i>benchmarkings</i> internos.	P

Sequência	Atividade	Etapa do PDCA
10.1	[17] Os usuários significativos devem ser avaliados por Planta, conforme a linha de base estabelecida (percentual do consumo total).	P
11.1	[16] Realizar 5W1H para classificação dos consumidores de energia e [16][25] Gráfico de Pareto (80/20) para identificação dos maiores consumidores.	P
12.1	[6] A identificação de oportunidades e melhorias deve selecionar os processos de maior consumo e de utilização de fontes mais caras, então esses serão os processos que precisam de ação. [PE] Além disso, também pode-se priorizar máquinas ou setores com maior custo benefício, ou seja, onde as ações trarão resultado com menor custo de mudança.	P
13.1	[4] Avaliar o desvio padrão frente à baseline. Caso o valor obtido exceda a baseline +3 desvios padrão, considera-se necessário manutenção para falha ou novo plano. Caso seja menor que -3 desvios padrão, considera-se necessário calcular uma nova baseline.	P
14.1	[25][26][45] Criar indicador de energia total consumida dividido pelo número ou toneladas de produtos fabricados, em quantidade de energia e em valor, que deve ser o principal indicador.	P
14.2	[34] Criar indicador de economia em energia, frente ao baseline, medido mensalmente.	P
14.3	[31] Criar indicadores como gasto com energia, consumo de energia, custo da energia.	P
15.1	[31] Os indicadores devem ser separados por área de negócio, célula de produção ou fonte energética, de modo a corretamente identificar o desempenho de cada processo, área ou fonte. Além disso, devem ser atribuídos a áreas com pelo menos um responsável e escritos de maneira a serem bem compreendidos pelos usuários. Assim, os usuários dos indicadores devem ser identificados e definidos, a nível de área utilizadora, planta ou célula.	P
15.2	[31] Definir um plano de monitoramento, para atualização dos indicadores, responsável pela atualização, fontes de informação etc.	P
15.3	[26] Definir metas utilizando <i>benchmark</i> interno (melhores dias, de melhor Índice de Consumo).	P
15.4	[8] Estruturar Plano de Ação com status da ação, descrição do objetivo, ações para atingir cada objetivo, responsável pela ação, data de finalização (inicial, revisada e atual), e <i>savings</i> planejados.	P
15.5	[31] Definir plano de monitoramento para atualização dos indicadores, responsável pela atualização, fontes de informação etc. Arelado a isso, também deve-se definir o plano de controle de desempenho, de modo a facilmente comparar o resultado com o baseline e alertar desvios, preferencialmente em uma matriz de controle.	P
16.1	[34] Promover auditorias internas uma vez por ano e auditorias externas no mínimo uma vez a cada três anos.	C
17.1	[34] Comunicar o compromisso com a gestão energética interna e externamente.	A

Sequência	Atividade	Etapa do PDCA
Implantação: Atividades Mensais		
18.1	[32] O desempenho deve ser comparado com a baseline para cada fonte energética, cada planta e cada período do ano.	C
18.2	[8] Utilizar as medições dos equipamentos para a identificação de oportunidades de melhoria, bem como realizar auditorias semanais para identificar vazamentos de vapor, ou identificar anomalias ou perdas em áreas específicas.	C
18.3	[31] Monitorar resultados através dos indicadores definidos, que devem ter responsável e frequência de atualização definidos.	C
18.4	[25] Monitorar consumo de energia por produto fabricado. [PE] Monitorar indicador de consumo diariamente, na reunião de produtividade do setor, para tratar anomalias que possam surgir.	C
18.5	[31][32][34] Monitorar o consumo energético confrontando o baseline com o consumo real e com o [32] <i>benchmark</i> interno e com [34] outras plantas.	C
19.1	[8] Atualizar planos de ação mensalmente [PE] ou conforme frequência necessária para verificar os resultados e [PE] verificar <i>in loco</i> se as melhorias foram aplicadas.	C
19.2	[34] A equipe de eficiência energética deve revisar e monitorar mensalmente para estabelecer novos objetivos e metas. Também deve se reunir mensalmente para avaliação e melhoria do SGE.	A
20.1	[8][15] As não conformidades devem ser avaliadas pelo gestor energético junto à equipe na revisão do plano de ação, criando tratativas para as variações do planejamento.	A
21.1	[14] Realizar inspeções frequentes para identificação de possíveis falhas nos equipamentos.	C
21.2	[14] Estabelecer políticas de manutenção preventiva nos equipamentos e pontos críticos de consumo de energia.	D
21.3	[25] Padronizar desempenhos dos equipamentos (reconfiguração e manutenção dos piores clusters/células para desempenharem como os melhores).	D
21.4	[PE] Executar as ações planejadas.	D
22.1	[27] Definir processos de revisão energética e integração entre vários departamentos, documentando os ganhos obtidos em eficiência para que possam ser aplicados em outros setores e obter resultados similares.	C
23.1	[27] Documentar os ganhos obtidos em eficiência para que possam ser aplicados em outros setores e obter resultados similares.	C
24.1	[34] A disseminação em toda a organização deve ser feita pela equipe de gestão energética.	A
24.2	[34] Encorajar os colaboradores a aplicar melhorias em momentos como CCQs, comunicando o compromisso com a gestão energética interna e externamente.	A
25.1	[34] As informações do SGE devem ser geridas pela equipe energética, que acompanha e documenta os planos de ação, progresso e desvios para apresentar à diretoria.	C

Sequência	Atividade	Etapa do PDCA
26.1	[27] A equipe energética deve apresentar à diretoria as decisões tomadas e o desempenho do SGE.	C
	Implantação: Atividades aplicáveis sempre que necessário	
27.1	[14][17] Organizar treinamentos relacionados a Eficiência Energética para os colaboradores e contratados, preferencialmente com tutores experientes externos. [PE] Os treinamentos devem ocorrer sempre que um novo colaborador da área de eficiência energética for contratado.	A
27.2	[14] Disseminar conhecimento obtido nos treinamentos na empresa, [PE] sempre que houver a identificação de ações bem-sucedidas que sejam aplicáveis a outras áreas.	A

Fonte: Do autor (2022)

4.2 FRAMEWORK DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 50001 APÓS REVISÃO POR ESPECIALISTAS

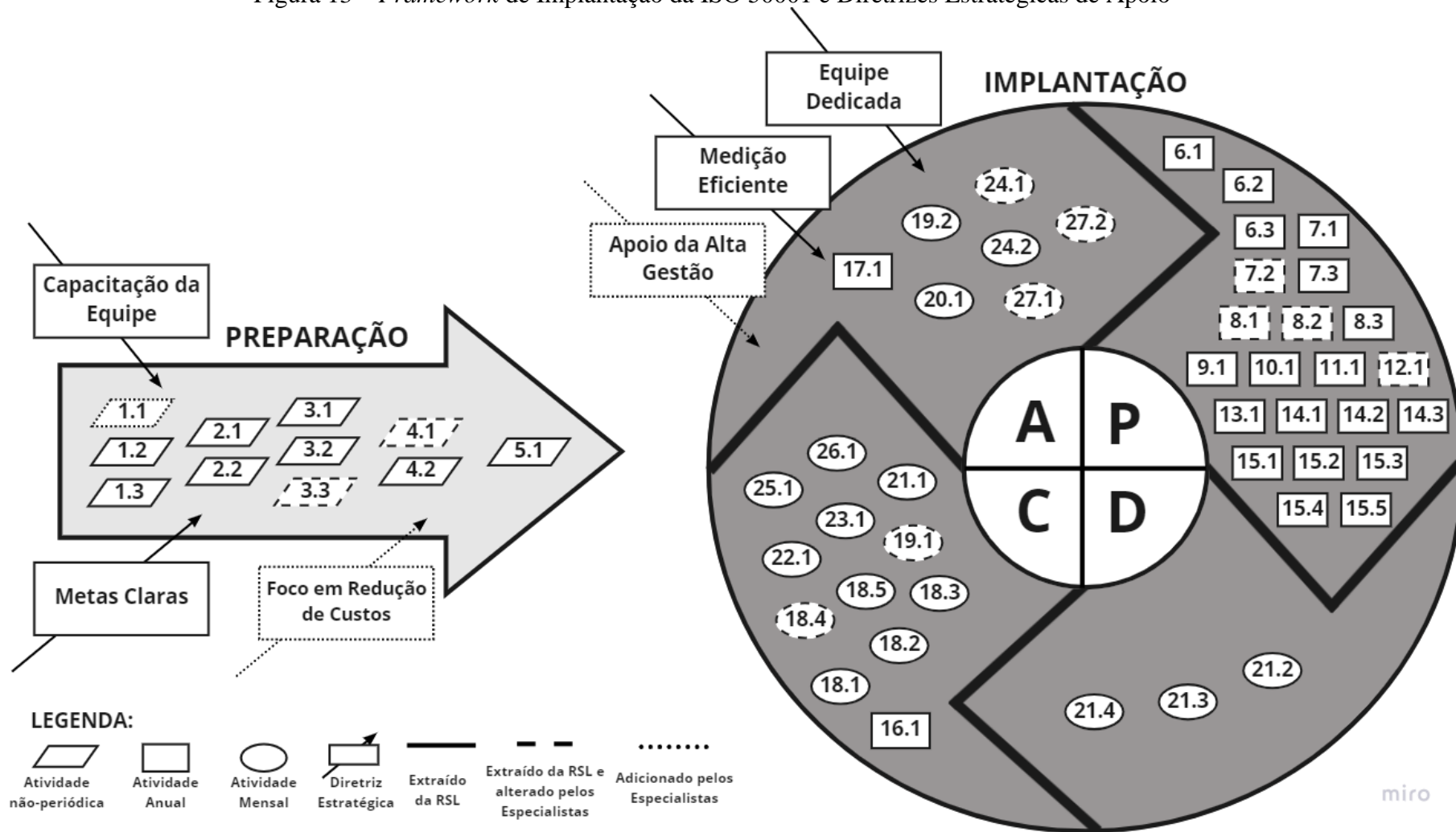
Ao submeter o *framework* proposto à avaliação do Painel de Especialistas, estes fizeram observações e revisaram as atividades, sugerindo alterações metodológicas e também na forma em que estavam descritas. Dessa forma, 9 atividades foram removidas, como por exemplo a realização de auditoria externa especializada antes de iniciar a implantação da ISO 50001, que seria um custo injustificado no início do trabalho, segundo os especialistas. Além disso, 11 atividades foram ajustadas para condizer com a realidade prática das indústrias, como por exemplo o volume de dados necessário para definição do baseline energético, que nos artigos da RSL estava definido como período mínimo de 18 meses, mas para os especialistas poderia ser um ano ou até menos, a depender da forma de medição.

Além disso, também sugeriram a adição de duas atividades que não estavam no *framework* anteriormente, e todos os especialistas sugeriram espontaneamente a separação das atividades conforme as etapas do PDCA, para ficar evidente o ciclo de melhoria contínua que a ISO 50001 sugere para seu SGE. Por fim, também foi apontado a necessidade de adicionar duas Diretrizes Estratégicas que não haviam sido selecionadas, como fator crítico ao sucesso da implantação do SGE, sendo elas: Foco em Redução de Custos (Preparação) e Apoio da Alta Gestão (Implantação). Assim, a versão final do *Framework* está disponível na Figura 13.

Observando o *Framework* (Figura 13), é possível observar que a fase de Preparação é a primeira a ser executada pelas indústrias que almejem implantar a ISO 50001, sendo obrigatória sua antecedência ao maior volume de atividades. Nessa fase, as atividades consistem principalmente na definição de metas e objetivos estratégicos, composição e capacitação da equipe de Eficiência Energética, instalação de medidores de consumo energético, coleta de dados e entendimento das legislações existentes no local onde a indústria está situada.

Na Preparação, as Diretrizes mais frequentes foram Metas Claras e Capacitação da Equipe, e isso indica a necessidade de que a alta direção tenha clareza nos objetivos da empresa ao adotar um SGE, e que preze pela formação de uma equipe com a autonomia e conhecimento necessários para alcançar os objetivos. Porém, para que todo o esforço de implantação se justifique, deve-se haver o Foco em Redução de Custos, trazido pelos Especialistas, e essa redução trará outros impactos como a redução de consumo da fonte energética, redução de desperdícios etc.

Figura 13 – Framework de Implantação da ISO 50001 e Diretrizes Estratégicas de Apoio



Fonte: Do autor (2022).

Na fase de Implantação, o *framework* foi definido como um ciclo sem fim, que se tornará um processo de Gestão Energética após o término da implantação. A etapa de Planejamento (*Plan*) é a que mais possui atividades, sendo esta etapa também ressaltada por alguns dos especialistas como a mais importante. Nessa etapa, todas as atividades têm repetição anual, quando serão definidos os indicadores de desempenho energético, o cálculo do baseline, a identificação dos principais consumidores e fontes de consumo, e definição do Plano de Ação para obter melhorias.

A segunda etapa do PDCA com maior número de atividades foi a de Verificação (*Check*), que inclusive foi ressaltada por um dos especialistas como uma das etapas onde as empresas mais pecam na implantação de um ciclo de melhoria contínua. Nessa etapa, faz-se o confronto dos indicadores, entre o realizado e o planejamento, para identificar se o plano de ação teve o efeito esperado e definir contramedidas para corrigir as não-conformidades. Além disso, os Especialistas sugeriram a verificação *in loco* das melhorias executadas, para garantir que foram aplicadas conforme descrito no plano de ação. Adicionalmente, auditorias e acompanhamento da diretoria são importantes para que novas ações sejam definidas a partir do desempenho do que já foi aplicado.

Por fim, na etapa Agir (*Act*) está concentrada a disseminação das boas práticas na empresa, e documentação do que foi feito e dos ganhos obtidos, sendo uma etapa importante para a continuidade do SGE em outras plantas ou áreas, e para registro histórico.

Na fase de Implantação, as Diretrizes mais importantes são Medição Eficiente e Equipe Dedicada, demonstrando a importância de possuir boas formas de medição do consumo energético e indicadores para monitoramento de desempenho, bem como de uma equipe eficaz em atingir os resultados necessários e disseminar o conhecimento na organização. Além disso, foi adicionado pelos Especialistas o Apoio da Alta Gestão, sendo este um dos fatores críticos para o sucesso do SGE, pois sem o apoio da diretoria, as ações não serão executadas e todas as iniciativas se encerrarão pouco tempo depois.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após extensa Revisão Sistemática da Literatura e revisão por um Painel de Especialistas, o resultado deste estudo é um *framework* que une literatura científica e experiência prática para a implementação da ISO 50001 nas indústrias. No total, tratam-se de 55 atividades para implantação do SGE proposto pela norma, separadas nas fases de Preparação (11 atividades) e Implantação (44 atividades). As empresas que o implantarem devem ter seis

Diretrizes principais como direcionadores de suas ações, sendo elas Capacitação da Equipe, Metas Claras e Foco em Redução de Custos na etapa de Preparação, e Apoio da Alta Gestão, Equipe Dedicada e Medição Eficiente na fase de Implantação.

Dentre essas diretrizes, os Especialistas que revisaram o *framework* destacaram como principais o Apoio da Alta Gestão e o Foco em Redução de Custos. De fato, caso não haja iniciativa da diretoria da empresa, dificilmente um SGE será implantado pelos colaboradores, tampouco a criação da célula de Eficiência Energética. Além disso, o esforço só será justificado se, no início do trabalho de implantação, forem demonstrados ganhos financeiros para a diretoria, que então patrocinará os próximos projetos com base nos resultados iniciais.

Além disso, também foram levantadas as Leis ou Incentivos governamentais que pudessem impactar na implantação da ISO 50001 com sucesso, mas não foi possível obter resultados conclusivos de correlação entre as atividades e diretrizes de implantação, com as políticas adotadas por cada país. Sugere-se, portanto, que um novo estudo possa ser desenvolvido de maneira a clarificar essa relação, que provavelmente existe devido à discrepância entre países visível na Figura 2, mas que no presente estudo não foi possível relacionar com a implantação da Norma. Entretanto, fica claro que existe relação, principalmente na Alemanha, onde existem leis de incentivo fiscal para indústrias que implantem a ISO 50001.

Observando as atividades propostas no *framework*, é possível concluir que as indústrias que o utilizarem conseguirão atender a praticamente todos os procedimentos necessários pela norma, exceto aqueles que não tiveram material encontrado na RSL e, portanto, não foram contemplados no *framework*, a constar: 4.2.1.G – Garantir que os IDEs sejam apropriados à organização; 4.2.1.I - Garantir que os resultados sejam medidos e comunicados em intervalos determinados; 4.2.2.F - Determinar critérios e métodos necessários para garantir que tanto a operação como o controle do SGE sejam efetivos; 4.3.A – A Política Energética deve ser apropriada à natureza e escala do uso e consumo de energia da organização; 4.3.B – A Política Energética deve incluir um comprometimento para melhoria contínua de desempenho energético; 4.3.G – A Política Energética deve ser documentada e comunicada em todos os níveis da organização; 4.4.2.B - A organização deve determinar como estes requisitos se aplicam ao uso e consumo de energia e à eficiência energética e deve assegurar que estes requisitos legais e outros requisitos aos quais a organização subscreve são considerados no estabelecimento, implementação e manutenção do SGE; 4.4.2.C - Requisitos legais e outros requisitos devem ser revisados em intervalos definidos; 4.5.5.C - Estabelecimento e definição de critérios para a operação e manutenção efetivas relativas aos usos significativos de energia,

onde suas ausências podem levar a um desvio significativo do desempenho energético efetivo; 4.5.6.B - Os resultados da avaliação de desempenho energético devem ser incorporados, onde apropriado, às atividades de especificação, projeto e aquisição dos projetos relevantes; 4.5.7.B - A organização deve estabelecer e implementar os critérios de avaliação de uso e consumo de energia e eficiência energética durante o tempo de vida útil planejado ou esperado na aquisição de produtos, equipamentos e serviços que consomem energia e dos quais é esperado impacto significativo no desempenho energético da organização; 4.6.5.A - A organização deve estabelecer e manter registros conforme necessários para demonstrar conformidade aos requisitos de seu SGE e a esta Norma e aos resultados de desempenho energético alcançados; 4.6.5.B - A organização deve definir e implementar controles para identificação, acesso e retenção de registros.

Ou seja, de 71 procedimentos, apenas 13 não foram contemplados no *framework* proposto pelo presente trabalho. Como complemento, sugere-se refazer a pesquisa em alguns anos, esperando-se encontrar novos estudos de caso que sirvam como base para a definição de ações para atender aos 13 procedimentos não incluídos. Todavia, as organizações também podem implantar outras ações além do disposto no *framework*, para complementar o que foi proposto.

Dessa forma, os cinco objetivos do presente estudo foram atingidos, bem como o objetivo principal. Além disso, o principal *gap* encontrado nos *frameworks* já existentes na literatura foi preenchido, pois estes tinham somente embasamento teórico ou não contemplavam a maior parte da ISO 50001, sendo focados em poucos dos requisitos da norma.

Apesar de atingir aos objetivos, houveram dificuldades na identificação das atividades na leitura de alguns dos estudos de caso, que muitas vezes traziam informações generalizadas ou pouco detalhadas, dificultando a construção do *framework*. Quanto aos *surveys* retornados na RSL, foram praticamente todos descartados da base para o *framework*, por trazerem dados tanto de empresas certificadas quanto não certificadas na norma. Ou seja, não sendo possível concluir se as atividades apresentadas nos *surveys* eram de empresas que implantaram o SGE da ISO 50001 ou outro SGE, não foi possível aproveitar nenhuma.

Além disso, recomenda-se a implementação do *framework* em indústrias para que, em trabalhos futuros, sua eficácia seja avaliada quanto à implantação em um ambiente industrial real, agregando novos *feedbacks* ao que foi proposto. Apesar de o presente estudo ter sido direcionado a obter somente informações de casos práticos de implantação da ISO 50001, provavelmente alguns ajustes ou dificuldades só serão percebidos após o *framework* ser levado à prática.

Assim, como principal resultado, espera-se que, utilizando a Figura 13 e a Tabela 14, as empresas que iniciem a implementação do SGE da Norma possam ter um guia para suas ações e ter sucesso na sua implementação.

REFERÊNCIAS

Os artigos utilizados na Revisão Sistemática de Literatura foram identificados com um asterisco (*) à sua esquerda.

AIZED, T.; ZUBAIR, H.M.; REHMAN, S.M.S.; KHAN, A.A. **Implementation of ISO 50001:2001 framework in a textile unit of Pakistan**. Pak. J. Engg. Appl. Sci, Vol. 27, pág. 14 – 25, 2020.

*AL-QALLAF, Y. E.; OWAYED, F.; RAO, P. **Efficient energy management system at Kuwait oil company, a case study**. International Journal of Energy Production and Management, 2017.

*ANGARITA, E. N.; ERAS, J. J. C.; HERRERA, H. H.; SANTOS, V. S.; MOREJÓN, M. B.; ORTEGA, J. I. S.; GUTIÉRREZ, A. S. **Energy planning and management during battery manufacturing**. Gestão & Planejamento, 2019.

*ANISIMOVA, T. **Analysis of the Reasons of the Low Interest of Russian Enterprises in Applying the Energy Management System**. Procedia Economics and Finance, 2015.

*ASIM, M. T. M.; IBRAHIM, T. M. F. T.; ADAM, N. M.; MASURI, S. U. **Strategic energy management plan and MS ISO 50001:2011 compliance**. Journal of Mechanical Engineering, 2017.

*ATES, S. A.; DURAKBASA, N. M. **Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey**. Energy, 2012.

*BEISHEIM, B.; KRÄMER, S.; ENGELL, S. **Hierarchical aggregation of energy performance indicators in continuous production processes**. Applied Energy, 2020.

*BENEDETTI, M.; CESAROTTI, V.; INTRONA, V. **From energy targets setting to energy-aware operations control and back: An advanced methodology for energy efficient manufacturing**. Journal of Cleaner Production, 2017.

*BLANCO, E. E.; OCHOA, G. V.; FORERO, J. D. **Combining Energy Management Indicators and Life Cycle Assessment Indicators to Promote Sustainability in a Paper Production Plant.** Resources, 2020.

*BONACINA, F.; CORSINI, A.; DE PROPRIIS, L.; MARCHEGANI, A.; MORI, F. **Industrial Energy Management Systems in Italy: state of the art and perspective.** 70th Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI 2015, 2015.

BUNSE, K.A; VODICKA, M.; SCHÖNSLEBEN, P.; BRÜLHART, M.; ERNST, F.O. **Integrating energy efficiency performance in production management - Gap analysis between industrial needs and scientific literature.** Journal of Cleaner Production 19, pág. 667 – 679, 2011.

CAMPOS, V.F. **Gerenciamento pelas diretrizes: O que todo membro da alta administração precisa saber para vencer os desafios do novo milênio.** Falconi Editora, 5ª edição, 2013.

CARBONTRUST. **Energy Management: A comprehensive guide to controlling energy use.** The Carbon Trust, Reino Unido, 2011.

*CASTRILLON-MENDOZA, R.; REY-HERNANDEZ, J. M.; REY-MARTINEZ, F. J. **Industrial Decarbonization by a New Energy-Baseline Methodology.** Case Study. Sustainability, 2020.

*CHIU, T.-Y.; LO, S.-L. **Establishing an integration-energy-practice model to improve energy efficiency in ISO 50001 energy management systems: A case study for a networking products company.** Journal of Quality, 2015.

*CHIU, T.-Y.; LO, S.-L.; TSAI, Y.-Y. **Establishing an integration-energy-practice model for improving energy performance indicators in ISO 50001 energy management systems.** Energies, 2012.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. **Producing a Systematic Review.** The Sage Handbook of Organizational Research Methods, 2009.

*ESCORCIA, Y. C.; VALENCIA-OCHOA, G. E.; ACEVEDO, C. H. **A systematic procedure to combine the integral management systems in a services sector company.** Chemical Engineering Transactions, 2018.

FIEDLER, T.; MIRCEA, P.M. **Energy management systems according to the ISO 50001 standard: challenges and benefits.** IEEE International Conference on Applied and Theoretical Electricity, vols 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICATE.2012.6403411>. 2012, Craiova, Romania.

*FLICK, D.; KUSCHICKE, F.; SCHWEIKERT, M.; THIELE, T.; PANTEN, N.; THIEDE, S.; HERRMANN, C. **Ascertainment of Energy Consumption Information in the Age of**

Industrial Big Data. 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2018.

FLYNN, B. B.; SAKAKIBARA, S.; SCHROEDER, R. G.; BATES, K. A.; FLYNN, E. J. Empirical Research Methods in Operations Management. *Journal of Operations Management*, Vol. 9, Número 2. Abril de 1990. [https://doi.org/10.1016/0272-6963\(90\)90098-X](https://doi.org/10.1016/0272-6963(90)90098-X)

*FUCHS, H.; AGHAJANZADEH, A.; THERKELSEN, P. **Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis.** *Energy Policy*, v. 142, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111443>

GIACONE, E.; MANCÒ, S. **Energy efficiency measurement in industrial processes.** *Energy*, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2007.

*GONCALVES, V. A. S.; SANTOS, F. J. M.-H. **Energy management system ISO 50001:2011 and energy management for sustainable development.** *Energy Policy*, 2019.

*GONTARZ, A. M.; HAMPL, D.; WEISS, L.; WEGENER, K. **Resource Consumption Monitoring in Manufacturing Environments.** *Procedia CIRP*, 2015.

GOPALAKRISHNAN, B.; RAMAMOORTHY, K.; CROWE, E.; CHAUDHARI, S.; LATIF, H. **A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector.** *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 7, pág. 154 – 165, 2014.

GREENING, L.A.; GREENE, D.L.; DIFIGLIO, C. **Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey.** *Energy Policy* 28, pág. 389 – 401, 2000.

*GUTIÉRREZ, A. S.; ERAS, J. J. C.; SANTOS, V. S.; HERRERA, H. H.; HENS, L.; VANDECASTEELE, C. **Electricity management in the production of lead-acid batteries: The industrial case of a production plant in Colombia.** *Journal of Cleaner Production*, 2018.

*HAAVIKKO, H.; KARHA, K.; HOURULA, M.; PALANDER, T. **Attitudes of Small and Medium-Sized Enterprises towards Energy Efficiency in Wood Procurement: A Case Study of Stora Enso in Finland.** *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2019.

*HAERI, A.; REZAIE, K. **An approach to evaluate resource utilization in energy management systems.** *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2016.

HARIADIDP, A.; MAHANDARI, C.P. **Strategic Energy Management Model in A Cement Plant in Indonesia.** *Proceedings of International Conference on Engineering and Information Technology for Sustainable Industry (ICONETSI) 2020*, September 28-29, 2020, Tangerang, Indonesia. ACM, New York, NY, USA, 2020.

HOBBS, B.F. **Optimization methods for electric utility resource planning.** Department of Systems, Control, and Industrial Engineering, 610 Crawford Hall, Case Western Reserve

- University, Cleveland, USA. *European Journal of Operational Research* 83, pág. 1-20, 1995.
- IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY). **World Energy Outlook 2020**. 2020, IEA, Paris, França. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>>.
- _____. **Driving Energy Efficiency in Heavy Industries**. 2021, IEA, Paris, França. Disponível em: <<https://www.iea.org/articles/driving-energy-efficiency-in-heavy-industries>>.
- _____. **Policies Database**. 2022, IEA, Paris, França. Disponível em: <<https://www.iea.org/policies>>. Acessado em 05 de julho de 2022.
- ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION). **Early ISO 50001 Adopters Report Major Gains through Energy Management Standard**. 2011. ISO Central Secretariat. Genebra, Suíça, 2011.
- _____. **Win the Energy Challenge with ISO 50001**. ISO Central Secretariat. Genebra, Suíça, 2011.
- _____. **ISO 50001 Energy Management Systems – Requirements with Guidance for Use**. ISO Central Secretariat. Genebra, Suíça, 2018.
- _____. **ISO Survey 2019**. ISO Central Secretariat. Genebra, Suíça, 2019.
- *ISWAHYUDI; MAHESTHI, A. N. K. T.; PRAMONO, A. S.; REWAH, S. A.; SUDARSIH, S.; PURNOMO, R. **Implementation of Energy Management System ISO 50001:2011 in PT Semen Tonasa: Sharing Experience**. Proceedings of the 2nd International Conference on Chemical Process and Product Engineering (ICCPPE) 2019, 2019.
- *JAVIED, T.; DEUTSCH, M.; FRANKE, J. **A model for integrating energy management in lean production**. *Procedia CIRP*, 2019.
- JENNE, C.A.; CATTELL, R.K. **Structural change and energy efficiency in industry**. *Energy Economics*, 1983.
- *JIN, Y.; LONG, Y.; JIN, S.; YANG, Q.; CHEN, B.; LI, Y.; XU, L. **An energy management maturity model for China: Linking ISO 50001:2018 and domestic practices**. *Journal of Cleaner Production*, 2020.
- *JOVANOVIĆ, B.; FILIPOVIĆ, J. **ISO 50001 standard-based energy management maturity model - Proposal and validation in industry**. *Journal of Cleaner Production*, 2016.
- *JOVANOVIĆ, B.; FILIPOVIĆ, J.; BAKIĆ, V. **Energy management system implementation in Serbian manufacturing - Plan-Do-Check-Act cycle approach**. *Journal of Cleaner Production*, 2017.
- *JOVANOVIĆ, B.; FILIPOVIĆ, J.; BAKIĆ, V. **Energy management system implementation in Serbian manufacturing – Plan-Do-Check-Act cycle approach**. *Journal of Cleaner Production*, 2017.

KING, G.H. **Process Industries - The Potential for Increasing Energy Efficiency Through Innovation.** Energy Technology Support Unit, Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Oxfordshire. Proc. Instn Mech. Engrs Vol 201 No A1. 1985.

*LASKURAIN, I.; HERAS-SAIZARBITORIA, I.; CASADESÚS, M. **Do energy management systems add value to firms with environmental management systems?** Environmental Engineering and Management Journal, 2019.

*LASKURAIN, I.; IBARLOZA, A.; LARREA, A.; ALLUR, E. **Contribution to energy management of the main standards for environmental management systems: The case of ISO 14001 and EMAS.** Energies, 2017.

LEE, D.; CHENG, C.C. **Energy savings by energy management systems: A review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews 56, pág. 760 – 777, 2016.

LUND, H. **Renewable energy strategies for sustainable development.** Energy 32, pág. 912 – 919, 2007.

*MAJERNIK, M.; BOSAK, M.; STOFOVA, L.; SZARYSZOVA, P. **Innovative Model of Integrated Energy Management in Companies.** Quality Innovation Prosperity, 2015.

MARIMON, F.; CASADESÚS, M. **Reasons to adopt ISO 50001 Energy Management System.** Sustainability, 2017.

MENGHI, R.; PAPETTI, A.; GERMANI, M.; MARCONI, M. **Energy efficiency of manufacturing systems: A review of energy assessment methods and tools.** Journal of Cleaner Production 240, 2019.

*MKHAIMER, L. G.; ARAFEH, M.; SAKHRIEH, A. H. **Effective implementation of ISO 50001 energy management system: Applying Lean Six Sigma approach.** International Journal of Engineering Business Management, 2017.

*NAKTHONG, V.; KUBAHA, K. **Development of a sustainability index for an energy management system in Thailand.** Sustainability, 2019.

*OCHOA, G. V.; GUTIÉRREZ, J. C.; AVELLA, J. C. **Market opportunities and innovation of ISO 50001 energy management standard in the Colombian industrial sector.** International Review of Mechanical Engineering, 2019.

*PĂUNESCU, C.; BLID, L. **Effective energy planning for improving the enterprise's energy performance.** Management & Marketing, 2017.

*PELSER, W. A.; VOSLOO, J. C.; MATHEWS, M. J. **Analysis of energy consumption and cost distribution on a South African cement plant.** 2017 International Conference on the Industrial and Commercial Use of Energy (ICUE), 2017.

*PELSER, W. A.; VOSLOO, J. C.; MATHEWS, M. J. **Results and prospects of applying an**

- ISO 50001 based reporting system on a cement plant.** Journal of Cleaner Production, 2018.
- *PERLIN, A. P.; GOMES, C. M.; KNEIPP, J. M.; MOTKE, F. D. **Practices of energy use management and sustainable performance in Brazilian mineral industries.** Environmental Quality Management, 2018.
- *PORTELA, T. T.; LAFAY, J. M. S. **Investment analysis for energy efficiency management systems in industrial refrigeration.** Renewable Energy and Power Quality Journal, 2015.
- *PRASHAR, A. **Energy efficiency maturity (EEM) assessment framework for energy-intensive SMEs: Proposal and evaluation.** Journal of Cleaner Production, 2017.
- *RAJIĆ, M. N.; MAKSIMOVIĆ, R. M.; MILOSAVLJEVIĆ, P.; PAVLOVIĆ, D. **Energy management system application for sustainable development in wood industry enterprises.** Sustainability, 2019.
- SCHONSLEBEN, P.; VODICKA, M.; BUNSE, K.; ERNST, F.O. **The changing concept of sustainability and economic opportunities for energyintensive industries.** CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 59, pp 477–480, 2010.
- SCHULZE M.; NEHLER H.; OTTOSSON, M.; THOLLANDER, P. **Energy management in industry – a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework.** Journal of Cleaner Production, 2015. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.06.060
- *SCRIABINA, N.; CORT, G. **Turned on: Quality can power up efforts in energy management and make a difference.** Quality Progress, 2013.
- *SERRANO, R. M.; GONZÁLEZ, R. M.; GASCÓ, J. L. G.; TAVERNER, J. L. **Sustainable Supplier Evaluation practices across the Supply Chain.** Direccion Y Organizacion, 2019.
- SHAFIEE, S.; TOPAL, E. **When will fossil fuel reserves be diminished?** Energy Policy, Volume 37, Issue 1, 2009, Pages 181-189, ISSN 0301-4215. doi: 10.1016/j.enpol.2008.08.016.
- *TALLINI, A.; CEDOLA, L. **Evaluation Methodology for Energy Efficiency Measures in Industry and Service Sector.** Energy Procedia, 2016.
- USMAN, I.; WINDIJARTO, W. **Developing green operations to minimize energy consumption by pdca cycle of ISO 50001. A case study with delphi method approach.** Journal of Security and Sustainability, 2020. doi: 10.9770/jssi.2020.9.M(34).
- *URIARTE-ROMERO, R.; GIL-SAMANIEGO, M.; VALENZUELA-MONDACA, E.; CEBALLOS-CORRAL, J. **Methodology for the successful integration of an energy management system to an operational environmental system.** Sustainability, 2017.
- *VALENCIA, G.; RAMOS, E.; MERIÑO, L. **Energy planning for gas consumption reduction in a hot dip galvanizing plant.** Chemical Engineering Transactions, 2017.
- VIKHOREV, K.; GREENOUGH, R.; BROWN, N. **An advanced energy management**

framework to promote energy awareness. Journal of Cleaner Production 43, 103 - 112, 2013.

*YACOUT, D. M. M.; EL-KAWI, M. A. A.; HASSOUNA, M. S. **Applying energy management in textile industry, case study: An Egyptian textile plant.** International Energy Journal, 2014.

YANG, L.; YAN, H.; LAM, J.C. **Thermal comfort and building energy consumption implications – A review.** Applied Energy 115, pág. 164–173. 2014.

YAO, D.-M.; ZHANG, X.; WANG, K.-F.; ZOU, T.; WANG, D.; QIAN, X.-H. **An energy efficiency evaluation method based on energy baseline for chemical industry.** Mathematical Problems in Engineering, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Matriz de Identificação dos Aspectos Governamentais em cada artigo.

País / Artigo	Artigo 1	Artigo 2	Artigo 3	Artigo 4	Artigo N
País 1							
País 2							
País 3							
País 4							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
País N							

APÊNDICE D: Documento enviado aos profissionais participantes do Painel de Especialistas.

Processo de Implantação da ISO 50001

Introdução e Contextualização:

O cenário energético global tem se tornado uma preocupação cada vez maior, uma vez que a utilização de energia fóssil traz grandes prejuízos ao meio ambiente e impacta na crescente ameaça que é o aquecimento global (YANG *et al.*, 2014). Além do impacto negativo para o planeta, estima-se que o estoque de petróleo mundial se esgotará por completo até 2042 (SHAFIEE; TOPAL, 2009), o que por consequência aumentará a demanda por outras fontes energéticas. Já em 2030, calcula-se que a demanda global por eletricidade será 40% maior que a atualidade (IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020), e sendo a indústria o principal consumidor da matriz energética primária mundial, com aproximadamente 30% do total (SCHONSLEBEN *et al.*, 2010; IEA, 2021), há no horizonte um cenário desafiador para a manufatura mundial, que deve se preocupar com a obtenção de um desenvolvimento sustentável e, portanto, do balanço entre aspectos ambientais, sociais e econômicos (SCHONSLEBEN *et al.*, 2010).

Nesse sentido, a adoção de práticas de gestão e eficiência energética tornam-se cada vez mais importantes para a indústria, sendo uma alternativa para redução de custos e estratégia de sustentabilidade para as empresas (FIEDLER; MIRCEA, 2012). E os resultados da adoção de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) são claros: experiências têm mostrado que mais de 10% dos custos e consumo de energia podem ser reduzidos já nos primeiros anos após a implementação (FIEDLER & MIRCEA, 2012; CarbonTrust, 2011), e investimentos em eficiência energética podem gerar paybacks de menos de três meses em algumas situações (AIZED *et al.*, 2020).

Em 2011 ocorreu um importante fato em se tratando de Eficiência Energética, e que deu ao assunto uma maior visibilidade: em correspondência à relevância da eficiência energética para a indústria e ganho de importância no tema quanto à redução dos impactos ambientais gerados, em 2011 a *International Organization for Standardization* (ISO) estabelece sua norma e certificação “ISO 50001 - Sistemas de gestão da energia: Requisitos com orientações para uso”, um sistema de melhoria contínua na gestão de energia que visa levar a reduções das emissões de gases de efeito estufa e do custo de energia por meio de uma gestão sistemática da energia (ISO, 2018).

Sobre a ISO 50001:

O Sistema de Gestão Energética proposto na norma, assim como outras normas da ISO, é baseado na metodologia PDCA (ISO, 2018), cujo objetivo é a melhoria contínua de processos ou sistemas, de modo a atingir melhores resultados e corrigir falhas continuamente (CAMPOS, 2013). A Figura 1 esclarece o ciclo de gestão proposto pela norma ISO 50001 para um Sistema de Gestão Energética:

Figura 1 – Sistema PDCA



Fonte: ISO 50001:2018

Conforme a Figura 1, o que a norma propõe é que ao estabelecer um Sistema de Gestão Energética (SGE), a empresa primeiro entenda seu contexto estratégico (quais as necessidades dos acionistas e dos clientes quanto à perspectiva da gestão energética), bem como interesses externos (legislações, ações governamentais) para então planejar os objetivos de seu SGE, executar esse planejamento e avaliar seu desempenho, e então realizar melhorias para planejar novos objetivos e metas de utilização e eficiência energética, tudo isso conduzido e suportado por uma equipe de gestão energética e pela liderança da empresa (ISO, 2018). A norma possibilita às organizações resultados progressivos na busca pela redução de consumo energético, e é atualmente o padrão internacional mais conhecido em se tratando de SGE (FUCHS *et al.*, 2020).

Atividades para Implantação da ISO 50001:

O presente trabalho avaliou as práticas de 48 artigos que trazem estudos de caso de

implantação da ISO 50001 em indústrias, para estabelecer as atividades necessárias para a implantação de um Sistema de Gestão Energética em acordo com a norma, prezando pela contemplação de todas os requisitos estabelecidos pela ISO 50001 e pela composição do PDCA. Deste modo, as atividades foram separadas em duas etapas:

- c) **Preparação:** Atividades que devem ser adotadas pela organização para que ela se prepare à implantação do SGE da ISO 50001, sendo estes os requisitos para a posterior implantação. Por exemplo, a instalação de medidores de energia ou registro do desempenho energético, para posteriormente proporcionar as análises e ações necessárias para a aplicação de melhorias: sem a medição, não é possível analisar e tomar decisões.

Atividades a executar antes da Implantação ou Sempre que Necessário:

Etapa	Sequência	Atividade	Frequência
Preparação		As metas macro podem ser definidas com longos prazos de atingimento conforme o desafio, variando entre 5, 10 e 19 anos.	Sempre que necessário
Preparação	1	Definir Metas Claras, com objetivo, prazo e histórico, como por exemplo: Reduzir as emissões de CO2 por tonelada ou unidade em 35% até o final de 2025 com base em 2006; Reduzir o consumo específico de eletricidade e calor por tonelada ou unidade em 15% até o final de 2020 com base em 2010; Melhorar a eficiência energética em 4% até 2020 com base em 2015.	Sempre que necessário
Preparação	2	Contratar auditores e consultores especializados para apoio na implantação do SGE.	Sempre que necessário
Preparação	3	A empresa deve se preparar para a implantação de um SGE com a instalação de sensores e medidores de energia.	Sempre que necessário
Preparação		Devem ser desenvolvidos e implantados mecanismos para avaliação on-line do consumo, que implantados geram oportunidades de redução.	Sempre que necessário
Preparação	4	A organização deve contemplar a adequação a leis de eficiência energética ao definir objetivos e metas.	Sempre que necessário
Preparação		Medir o consumo energético para ter base histórica para o baseline, avaliando quanto cada processo e produto consumiam de energia.	Sempre que necessário
Preparação		O período/dados analisados podem variar entre 18 meses e 4 anos de consumo energético e variação no consumo, separando por área e fonte energética e registrados mensalmente. Esse levantamento deve ser baseado em medições nos equipamentos. Os dados de consumo energético devem ser mensurados por componente agregado ao produto, separadamente.	Sempre que necessário

Etapa	Sequência	Atividade	Frequência
Preparação	5	A administração da empresa deve criar uma equipe de gestão energética, escolhendo pessoas de diversos departamentos que seriam encarregados da implantação do SGE. Essa equipe deve se reunir mensalmente para avaliação e melhoria do SGE. Anualmente, essa equipe deve fazer o planejamento energético, requerendo investimentos para execução de ações, treinamento, monitoramento e outros fatores à diretoria da empresa, que por sua vez revisa as Políticas Energéticas com mesma frequência.	Sempre que necessário
Preparação		O representante da direção pode ser um gerente de área, como da Manutenção, ou então pode ser designado um Gestor Energético responsável pelo programa.	Sempre que necessário
Preparação	6	Formar a equipe de gestão energética treinando 1 pessoa por área na norma, para ser o responsável por energia dentro da área.	Sempre que necessário
Preparação		Investir em treinamentos à equipe de energia, auditorias, medições e renovação de maquinário.	Sempre que necessário

- d) Implantação: Atividades de implantação do SGE da ISO 50001, contemplando os requisitos e procedimentos da norma. Nessa fase, as atividades foram classificadas em anuais, mensais e sem periodicidade estabelecida (aplicáveis sempre que necessário).

Atividades a executar Anualmente:

Etapa	Sequência	Atividade	Frequência
Implantação	1	Inserir o planejamento energético no planejamento estratégico anual.	Anualmente
Implantação		A Direção da Empresa deve definir a estratégia, estabelecendo metas de melhoria de eficiência, redução de consumo e redução de emissões.	Anualmente
Implantação		Definir o planejamento energético anualmente, contemplando investimentos para execução de ações, treinamento, monitoramento etc.	Anualmente
Implantação		A Política Energética deve ser revisada anualmente.	Anualmente
Implantação	2	Os objetivos e metas devem contemplar a adequação a leis de eficiência energética.	Anualmente
Implantação		Os objetivos e metas devem ser definidos anualmente e revisados pela equipe energética, com apoio da diretoria.	Anualmente
Implantação		O Comitê de Promoção Energético multidisciplinar deve estabelecer junto à diretoria como será o SGE, e se periodicamente reunir para discutir a situação e oportunidades energéticas para a empresa.	Anualmente
Implantação	3	A linha de base deve ser definida com histórico de 18 meses, 2 anos ou 4 anos de consumo energético.	Anualmente

Etapa	Sequência	Atividade	Frequência
Implantação		A definição da baseline deve ser feita estatisticamente, avaliando um período que pode ser feito utilizando: dados mais recentes disponíveis; dados do melhor desempenho energético; dados com menos outliers/instabilidades.	Anualmente
Implantação		Definição do baseline com base no histórico de utilização de energia. Criar um Índice de Consumo, que é uma equação de reta baseada na relação entre produção total e consumo de energia do período. Além disso, definir o limite superior e inferior de controle para o consumo E no período t como 1 desvio padrão acima ou abaixo, e os desvios a esses valores devem ser avaliados. A equação de baseline é estabelecida conforme o volume de produção para cada uma das plantas. Definir o baseline utilizando a relação entre consumo energético e milhão de dólares de produção.	Anualmente
Implantação	4	Efetuar uma análise de gap comparando o consumo real com o consumo nominal (ideal) e com <i>benchmarkings</i> internos.	Anualmente
Implantação	5	Os usuários significativos devem ser avaliados por Planta, conforme a linha de base estabelecida (percentual do consumo total).	Anualmente
Implantação	6	Realizar 5W1H para classificação dos consumidores de energia e Gráfico de Pareto (80/20) para identificação dos maiores consumidores.	Anualmente
Implantação	7	A identificação de oportunidades e melhorias deve selecionar os processos de maior consumo e de utilização de fontes mais caras, então esses serão os processos que precisam de ação.	Anualmente
Implantação	8	Avaliar o desvio padrão frente à baseline. Caso o valor obtido exceda a baseline +3 desvios padrão, considera-se necessário manutenção para falha ou novo plano. Caso seja menor que -3 desvios padrão, considera-se necessário calcular uma nova baseline.	Anualmente
Implantação		O principal indicador a ser monitorado deve ser o custo de energia por tonelada/unidade produzida.	Anualmente
Implantação		Criar indicador de energia total consumida dividido pelo número ou toneladas de produtos fabricados, em quantidade de energia e em valor.	Anualmente
Implantação	9	Criar indicador de economia em energia, frente ao baseline, medido mensalmente.	Anualmente
Implantação		Criar indicadores como gasto com energia, consumo de energia, custo da energia.	Anualmente
Implantação	10	Os indicadores devem ser separados por área de negócio, célula de produção ou fonte energética, de modo a corretamente identificar o desempenho de cada processo, área ou fonte. Além disso, devem ser atribuídos a áreas com pelo menos um responsável.	Anualmente

Etapa	Sequência	Atividade	Frequência
		Assim, os usuários dos indicadores devem ser identificados e definidos, a nível de área utilizadora, planta ou célula.	
Implantação		Os indicadores devem ser separados por área de negócio, célula de produção ou fonte energética, de modo a corretamente identificar o desempenho de cada processo, área ou fonte.	Anualmente
Implantação		Identificar e definir usuários dos indicadores, a nível de área utilizadora, planta ou célula.	Anualmente
Implantação		Escrever indicadores de maneira a serem bem compreendidos pelos usuários.	Anualmente
Implantação		Definir um plano de monitoramento, para atualização dos indicadores, responsável pela atualização, fontes de informação etc.	Anualmente
Implantação		Definir metas utilizando <i>benchmark</i> interno (melhores dias, de melhor Índice de Consumo).	Anualmente
Implantação		Estruturar Plano de Ação com status da ação, descrição do objetivo, ações para atingir cada objetivo, responsável pela ação, data de finalização (inicial, revisada e atual), e <i>savings</i> planejados.	Anualmente
Implantação		Definir plano de monitoramento para atualização dos indicadores, responsável pela atualização, fontes de informação etc. Arelado a isso, também deve-se definir o plano de controle de desempenho, de modo a facilmente comparar o resultado com o baseline e alertar desvios, preferencialmente em uma matriz de controle.	Anualmente
Implantação	11	Promover auditorias internas uma vez por ano e auditorias externas no mínimo uma vez a cada três anos.	Anualmente
Implantação	12	Fomentar que os fornecedores tenham práticas de eficiência, capacitando-os quando necessário e expondo os pontos de melhoria para o trabalho em conjunto.	Anualmente
Implantação		Comunicar o compromisso com a gestão energética interna e externamente.	Anualmente

Atividades a executar Mensalmente:

Etapa	Sequência	Atividade	Frequência
Implantação	1	O desempenho deve ser comparado com a baseline para cada fonte energética, cada planta e cada período do ano.	Mensalmente
Implantação		Utilizar as medições dos equipamentos para a identificação de oportunidades de melhoria, bem como realizar auditorias semanais para identificar vazamentos de vapor, ou identificar anomalias ou	Mensalmente

Etapa	Sequência	Atividade	Frequência
		perdas em áreas específicas. Também pode-se executar uma auditoria externa por uma empresa especializada para apontar oportunidades de melhoria.	
Implantação		Comparar desempenho com a baseline para cada fonte energética, cada planta e cada período do ano.	Mensalmente
Implantação		Monitorar resultados através dos indicadores definidos, que devem ter responsável e frequência de atualização definidos.	Mensalmente
Implantação		Monitorar consumo de energia por produto fabricado.	Mensalmente
Implantação		Monitorar o consumo energético confrontando o baseline com o consumo real e com o [32] <i>benchmark</i> interno e com [34] outras plantas.	Mensalmente
Implantação		Atualizar planos de ação mensalmente.	Mensalmente
Implantação	2	A equipe de eficiência energética deve definir o Plano de Ação Anual, e revisar e monitorar mensalmente para estabelecer novos objetivos e metas.	Mensalmente
Implantação	3	As não conformidades devem ser avaliadas pelo gestor energético junto à equipe na revisão mensal do plano de ação, criando tratativas para as variações do planejamento.	Mensalmente
Implantação	4	Estabelecer políticas de manutenção preventiva nos equipamentos e pontos críticos de consumo de energia, com inspeções frequentes para identificação de possíveis falhas.	Mensalmente
Implantação		Padronizar desempenhos dos equipamentos (reconfiguração e manutenção dos piores clusters/células para desempenharem como os melhores).	Mensalmente
Implantação	5	Definir processos de revisão energética e integração entre vários departamentos, documentando os ganhos obtidos em eficiência para que possam ser aplicados em outros setores e obter resultados similares.	Mensalmente
Implantação	6	Documentar os ganhos obtidos em eficiência para que possam ser aplicados em outros setores e obter resultados similares.	Mensalmente
Implantação	7	A disseminação em toda a organização deve ser feita pela equipe de gestão energética.	Mensalmente
Implantação		Encorajar os colaboradores a aplicar melhorias em momentos como CCQs, comunicando o compromisso com a gestão energética interna e externamente.	Mensalmente
Implantação		Encorajar os colaboradores a aplicar melhorias em momentos como CCQs.	Mensalmente

Etapa	Sequência	Atividade	Frequência
Implantação	8	As informações do SGE devem ser geridas pela equipe energética, que acompanha e documenta os planos de ação, progresso e desvios para apresentar à diretoria.	Mensalmente
Implantação	9	A equipe energética deve apresentar mensalmente à diretoria as decisões tomadas e o desempenho do SGE.	Mensalmente

Atividades a executar Sempre que Necessário:

Etapa	Sequência	Atividade	Frequência
Implantação	1	Organizar treinamentos relacionados a Eficiência Energética para os colaboradores e contratados, preferencialmente com tutores experientes externos.	Sempre que necessário
Implantação		Disseminar conhecimento obtido nos treinamentos na empresa.	Sempre que necessário

Em nossa conversa, farei algumas perguntas relacionadas ao que foi desenvolvido, que serão principalmente sobre:

- a) Se as atividades estão claramente descritas e são relevantes
- b) Se é possível entender tudo que deve ser feito para implantar a ISO 50001, no seu ponto de vista.
- c) Se você está de acordo com o sequenciamento das atividades
- d) Se você sentiu falta alguma atividade
- e) Se você acredita que com as atividades propostas, pode-se considerar que há um ciclo de melhoria contínua (PDCA) em Gestão Energética
- f) Se você concorda com a periodicidade das atividades
- g) Se você removeria alguma atividade

APÊNDICE E:Protocolo utilizado no Painel de Especialistas.

Protocolo – Painel de Especialistas

Nome:	Data:
Horário de Início:	Horário de Término:
Classificação Especialista:	Plataforma Utilizada:

1) **Introdução do Estudo**, a ser realizada no início do Painel:

“Apesar de ter lido, gostaria de introduzir sobre o objetivo do presente estudo e sobre como essa etapa, de definição do processo de implantação da ISO 50001, foi realizada.

Em linha com os objetivos sustentáveis da ONU e com outros dados alarmantes sobre o consumo de combustíveis fósseis e questões como o aumento de demanda por energia elétrica nos próximos anos, foi lançada há alguns anos a ISO 50001, norma que estabelece um Sistema de Gestão Energética embasado no PDCA para obter Eficiência Energética nas indústrias e empresas em geral. Desde o lançamento da norma, alguns estudos de caso foram publicados na literatura, mas ao observarmos o número de empresas certificadas, é um pouco alarmante observar países onde há poucas ou nenhuma empresa certificada.

Nesse sentido, um dos objetivos do estudo é o de contribuir para que as empresas implantem a ISO 50001, estabelecendo atividades necessárias para sua implantação. Para isso, li 48 artigos publicados, que traziam casos práticos, e selecionei as atividades trazidas para implantação do SGE da ISO. A partir disso, estabeleci alguns critérios para seleção das atividades mais relevantes, e também fiz o sequenciamento e separação em fases, que é justamente o material que te enviei. E para isso, levei em consideração que as indústrias que vão utilizar esse processo definido estão em estágio inicial quanto a Gestão Energética.”

Pergunta	Resposta
1. Gostaria de confirmar: você leu o material enviado?	
2. Gostaria de fazer algum comentário, sugestão ou tirar alguma dúvida antes de iniciarmos, baseado na sua leitura?	
3. Você acredita que a organização das atividades, em Preparo para a Implantação, e Implantação, é a ideal? Organizaria de maneira diferente?	
4. Se tratando da composição da equipe de eficiência energética, algumas indústrias trouxeram equipes dedicadas exclusivamente a eficiência energia, enquanto outras criaram times compostos por várias áreas. (Ler atividades de definição da equipe e do representante da direção). Você acredita que essa organização, de times compostos por várias áreas, funcionaria? Ou o melhor seria um time dedicado?	
5. Acredita que as metas de Eficiência Energética devem ser inseridas no planejamento estratégico?	
6. Em se tratando de definição de baseline, o	

período mínimo de dados necessários para sua definição, pelo que foi trazido pelos artigos estudados, é de 18 meses. Acredita que esse seja o período ideal?	
7. Os indicadores energéticos trazidos são suficientes para iniciar um SGE? (Ler atividades de definição de indicadores)	
8. Para a definição de plano de ação e monitoramento, acredita que as atividades propostas são suficientes? (Ler atividades de definição de plano de ação e monitoramento de indicadores)	
9. Você acredita que é suficiente atualizar os planos de ação mensalmente? Faria com mais ou menos frequência?	
10. O monitoramento de indicadores e confronto do baseline deve ser mensal, ou mais ou menos frequente?	
11. Acredita que treinamentos e disseminação do conhecimento devem ser feitos sempre que necessário, ou deve ser uma rotina mensal ou anual da indústria?	
12. De todas as atividades, qual ou quais são as mais importantes, na sua opinião?	
13. De todas as atividades, existe alguma que você eliminaria do processo de implantação? Qual?	
14. Você adicionaria alguma atividade que não foi trazida?	
15. Você acredita que com as atividades propostas, pode-se considerar que há um ciclo de melhoria contínua (PDCA) em Gestão Energética?	
16. Você concorda com a periodicidade das atividades? Faria alguma alteração?	
17. (Apresentar <i>framework</i> visual). Observando essa figura, você acredita que ela retrata com clareza as atividades propostas? Faria alguma alteração?	
18. Você concorda que fatores como definição de Metas Claras e Capacitação da Equipe são importantes na fase de Preparação?	
19. Você concorda que fatores como Medição Eficiente e Equipe Dedicada são importantes na fase de Implantação?	
20. Você utilizaria esse <i>framework</i> no seu dia a dia, ao trabalhar com Eficiência Energética?	

APÊNDICE F: Representação visual da primeira versão do *Framework*, apresentado aos especialistas.

