

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**LETÍCIA FERNANDES DEGGERONE GRAZIANO
PAULA BERNARDES DE SOUZA**

**MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DA GESTÃO
ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA SOB
REQUISITOS DA INDÚSTRIA 4.0**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2018**

**LETÍCIA FERNANDES DEGGERONE GRAZIANO
PAULA BERNARDES DE SOUZA**

**MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DA GESTÃO
ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA SOB
REQUISITOS DA INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures

Co-Orientador: Prof. Dr. Jorge Assade Leludak

**CURITIBA
2018**

**LETÍCIA FERNANDES DEGGERONE GRAZIANO
PAULA BERNARDES DE SOUZA**

**MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DA GESTÃO
ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA SOB
REQUISITOS DA INDÚSTRIA 4.0**

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 13 de novembro de 2018.

Prof. Paulo Sérgio Walenia, Esp.
Coordenador de Curso
Engenharia de Controle e Automação

Prof. Marcelo de Oliveira Rosa, Dr.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia de Controle e Automação do DAELT

ORIENTAÇÃO

Eduardo de Freitas Rocha Loures, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Jorge Assade Leludak, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Co-Orientador

BANCA EXAMINADORA

Eduardo de Freitas Rocha Loures, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Jorge Assade Leludak, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ângela Morandini Pradella, Me.
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Dedicamos este trabalho a todos que nos
acompanharam nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Por Letícia

Primeiramente e com muito carinho gostaria de agradecer aos meus pais, Eliane e Jacir, à minha irmã Lidianne e meus avós, por compartilharem de todas minhas vitórias e frustrações de maneira geral e ao decorrer desta graduação, assim como ao Gabriele, pelo amor e apoio incondicional. Sei que todo o tempo dedicado a essa graduação, que por muitas vezes se estendia a momentos que deveriam ser dedicados aos meus caros, foi o plantio de muitas realizações que ainda estão por vir.

Ringrazio anche alla mia famiglia italiana, Lena, Michele, Salvo, Ciccio, cugini e tanti altri amici per la presenza e l'apoggio anche se da un altro emisfero. Per l'affetto trasmesso sia per messaggi o abbracci caricati di emozioni, che mi hanno sollevato l'animo e aiutato a supportare le difficoltà durante questo percorso ben come la lontananza.

Agradeço também aos meus amigos pelas alegrias diárias, trazendo mais leveza a períodos mais críticos durante este trajeto. Em especial à minha amiga Paula, minha companheira de aula, festas e finais de semana dedicados ao estudo, cujo apoio, lealdade e positivismo tantas vezes me impulsionaram.

Por Paula

Agradeço meus pais por se fazerem presentes mesmo com a distância durante todos esses anos de estudo com muita paciência, carinho e suporte. Obrigada por acreditarem em mim e me apoiarem a sair da minha cidade mesmo com todas as dificuldades. Sem vocês eu não teria chegado até aqui, vocês são a melhor base que eu poderia ter.

Agradeço também ao Fernando, que abraçou essa jornada comigo e nos últimos 4 anos foi meu apoio em todos os momentos, obrigada por todas as vezes que me estimulou a estudar e sempre dar o meu melhor em cada matéria estudada, você também foi fundamental para meu percurso até aqui.

Aos amigos que deixei na minha cidade e aos novos que tive a felicidade de ganhar no novo lar, agradeço pelos momentos de diversão e companheirismo, e também por todas as vezes que me deram apoio para os momentos de estudo que não me deixava os ver com a frequência que eu gostaria. Em especial, agradeço a minha parceira de TCC, que nos últimos anos se mostrou ser uma amiga incrível e leal, espero manter sua amizade por toda vida.

Por ambas

Um afetuoso agradecimento também aos professores orientadores, Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures e Prof. Dr. Jorge Assade Leludak, pela paciência e pelos momentos disponibilizados para nossa orientação, pela atenção e disposição que foram fatores de extrema importância para a execução deste trabalho. Agradecemos também a doutoranda Prof. Ângela Pradella pela prontidão bem como pelo suporte excelente, assim como a todos os colegas e professores que dispuseram valioso tempo contribuindo com o aperfeiçoamento deste trabalho.

“Quando tudo parece estar indo contra você,
lembre-se que o avião decola contra o vento”

-Henry Ford

RESUMO

GRAZIANO, Letícia F. D. SOUZA, Paula B. **Modelo de Avaliação Multicritério da Gestão Energética na Indústria Automobilística sob Requisitos da Indústria 4.0.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso 1 (Graduação) – Curso de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

O progresso da urbanização e da industrialização dos centros urbanos impactou diretamente na demanda energética, fomentadora do desenvolvimento industrial. O gerenciamento energético, atrelado à preservação ambiental e sustentabilidade, também reflete nos gastos e no posicionamento da entidade industrial quanto à competitividade no mercado mundial. Nesse sentido, tornar-se referência no quesito eficiência energética exige o controle e monitoramento de seus processos através de soluções que visem aprimorar a relação da entidade industrial com seu gerenciamento energético por meio de requisitos e pilares da Indústria 4.0. A partir da proposta de conectar pessoas, sistemas e máquinas em um processo produtivo eficiente (aumentando a produtividade e diminuindo desperdícios), a Indústria 4.0 trouxe novos conceitos de tecnologia como internet das coisas (IoT), comunicação entre máquinas (M2M), sistemas cybers-físicos (CPS), Impressão 3D, entre outros. O escopo deste trabalho propõe então a elaboração de um modelo de avaliação, baseando-se em métodos de avaliação multicritério, destinado à análise diagnóstica de uma empresa automobilística multinacional quanto ao nível de maturidade de sua gestão energética e a investigação de oportunidades de aprimoramento em suas capacidades com base em requisitos da Indústria 4.0. Avaliar o posicionamento da organização no seu gerenciamento de energia torna-se de suma importância para que haja um plano de ação de melhoria contínua que oportuniza, através das fragilidades apontadas na análise diagnóstica, a caracterização de projetos de transformação digital de impacto em seu desempenho energético.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Quarta Revolução Industrial, métodos multicritério, AHP, PROMETHEE, Gestão Energética.

ABSTRACT

GRAZIANO, Leticia F. D. SOUZA, Paula B. **Multicriteria Evaluation Model of Energy Management in the Automotive Industry under Industry 4.0 Requirements**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso I (Graduação) – Curso de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

The progress of the urbanization and the industrialization of urban centers has directly affected in the energy demand, fostering industrial development. Energy management, coupled with environmental preservation and sustainability, also reflects in the outgoing and in the position of the industrial in the global market. In that way, becoming a reference in the area of energy efficiency requires the control and monitoring of its processes through solutions that aim to improve the relation of the industrial entity with its energy management through requirements and pillars of the Industry 4.0. From the proposal to connect people, systems and machines in an efficient production process (increasing productivity and reducing waste), the Industry 4.0 brought new concepts of technology such as internet of things (IoT), communication between machines (M2M), cyber-physical systems (CPS), 3D printing, among others concepts. Therefore, the scope of this study is to propose the elaboration of an evaluation model, based on multicriteria evaluation methods, aimed at the diagnostic analysis of a multinational automobile company regarding the level of maturity of its energy management and the investigation of improvement in its capabilities based on requirements of the Industry 4.0. Evaluating the organization's position in its energy management becomes of crucial importance for a continuous improvement action plan that, through the weaknesses pointed out in the diagnostic analysis, allows the characterization of projects of digital transformation of impact in its energy performance.

Keywords: Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, multicriteria methods, AHP, PROMETHEE, Energy Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama dos procedimentos metodológicos.....	21
Figura 2 – Estrutura do Trabalho	23
Figura 3 – Cronograma Metodologia Aplicada ao TCC.....	24
Figura 4 – Cronograma TCC1 e TCC2.....	24
Figura 5 – Ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA)	27
Figura 6 – Framework da Indústria 4.0	33
Figura 7 – Estruturação AHP	37
Figura 8 – Índices aleatórios de consistência.....	39
Figura 9 – Promethee I, relação parcial	41
Figura 10 – Promethee II, relação total	41
Figura 11 – Modelo referencial do gerenciamento energético na indústria.....	44
Figura 12 – Mapa Conceitual da Gestão da Energia na Indústria	46
Figura 13 – Estrutura Hierárquica do AHP.....	56
Figura 14 – Esquema de pesos entre o método AHP e o método PROMETHEE	58
Figura 15 – Esquema de pesos entre o método AHP e o método PROMETHEE invertido ..	59
Figura 16 – Estrutura do método para o nível de Gestão de Energia na empresa	60
Figura 17 – Resultados da comparação par a par entre os setores da empresa.....	61
Figura 18 – Nível de maturidade da empresa automobilística.....	62
Figura 19 – Análise de Sensibilidade do atributo Orientação Estratégica.....	63
Figura 20 – Análise de Sensibilidade do atributo Gestão Conjunta.....	64
Figura 21 – Análise de Sensibilidade do atributo Monitoramento (Online)	65
Figura 22 – Valores com ϕ são considerados os que desempenham boa função.....	66
Figura 23 – Habilitadores Tecnológicos capazes de aumentar o nível de maturidade da empresa.....	67
Figura 24 – Habilitadores Tecnológicos capazes de aumentar o nível de maturidade da	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Alguns benefícios da implementação da ISO 50001	28
Tabela 2 – Escala de comparação de critérios	39
Tabela 3 – Definição dos atributos, critérios e subcritérios	47
Tabela 4 – Definição dos níveis de maturidade	54

LISTA DE ABREVIATURAS

ABII	Associação Brasileira de Internet Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CPS	<i>Cyber-Physical System</i>
GE	Gestão Energética
I4.0	Indústria 4.0
ICT	<i>Information Communication Technology</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
M2M	<i>Machine-to-Machine</i>
MCDM/A	<i>Multicriteria Decision Making/Analysis</i>
MCDM	<i>Multicriteria Decision Making</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>
SGS	<i>Société Générale de Surveillance</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA	15
1.1.1 Delimitação do Tema	16
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS	16
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo Geral	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
1.4 JUSTIFICATIVA	18
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	18
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	22
1.7 CRONOGRAMA EXECUTADO	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 CONCEITOS: GESTÃO ENERGÉTICA E A ISO 50001	25
2.2 CONCEITOS: INDÚSTRIA 4.0	29
2.2.1 Revoluções Industriais e a Indústria Automotiva no Brasil	29
2.2.2 Industry 4.0 – The Capgemini Consulting View	32
2.2.2.1 Nível Estratégico	33
2.2.2.2 Nível Tático	34
2.2.2.3 Nível Operacional	35
2.3 CONCEITOS: MÉTODOS MULTICRITÉRIOS	36
2.3.1 AHP	37
2.3.2 PROMETHEE	39
3 DESENVOLVIMENTO	42
3.1 MODELO REFERENCIAL PARA O GERENCIAMENTO ENERGÉTICO	42
3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS NA LITERATURA	47
3.2.1 Definição dos Atributos, Critérios e Subcritérios	47
3.2.2 Definição dos Níveis de Maturidade	54
3.3 MÉTODO AHP	55
3.3.1 Modelagem do Método	55
3.4 MÉTODO PROMETHEE	57
3.4.1 Modelagem do Método	57
3.4.2 Definição dos Parâmetros	58
4 RESULTADOS	61
4.1 RESULTADOS AHP	61
4.1.1 Análise de Sensibilidade	62
4.2 RESULTADOS PROMETHEE	65

5 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS	71
ANEXO A - QUESTIONÁRIO	77

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, as transformações industriais mudaram o cenário das fábricas de todo o mundo. E estes constantes avanços nas tecnologias se tornaram no que conhecemos atualmente por revoluções industriais.

O termo Indústria 4.0 foi cunhado em 2011 na Alemanha e deu nome a um projeto de inovação do setor industrial alemão conduzido por profissionais da Academia Nacional de Ciência e Tecnologia da Alemanha em parceria com o Centro de Apoio à Indústria e à Ciência e com o apoio do Ministério da Educação e Pesquisa da Alemanha (ROBLEK et al., 2016). Este termo surgiu com a proposta de conectar pessoas, sistemas e máquinas em um processo produtivo, melhorando assim a logística de produção e utilização de recursos, diminuindo as margens de erros e utilização de matéria prima, trazendo novos conceitos de tecnologia como: internet das coisas (IoT – *Internet of Things*), comunicação entre máquinas (M2M), sistemas cibernéticos (*Cyber Physical Systems*), impressão 3D, entre outros.

De acordo com o modelo referencial da Indústria 4.0 apresentado pela líder mundial em consultoria digital, Capgemini - Divisão global de consultoria em estratégia e transformação, a nível estratégico dentro da indústria, a estrutura (framework) utilizada apresenta um eixo longitudinal composta por crescimento versus eficiência. O crescimento (*Growth*) enfatiza a importância da constante busca por melhoria e a importância do treinamento pessoal na parte de liderança, enquanto a eficiência (*Efficiency*) objetiva o corte de valor não agregado, ou seja, gastos.

Sob estas perspectivas de crescimento e eficiência, revela-se de grande importância para a entidade industrial a evolução no seu desempenho em gestão energética visando uma melhor competitividade no mercado mundial. Para tanto, surge à necessidade do monitoramento, supervisão e controle visando à eficiência, ações essas promovidas por elementos voltados a aquisição, transmissão, tratamento, análise e inteligência que espelhariam mais agilidade de resposta da indústria para com seu gerenciamento energético, suportando ciclos mais rápidos de análise. Estas soluções remetem-se aos pilares e requisitos da I4.0 e a necessidade de abordagens de avaliação – sobre a gestão energética do parque industrial e

como a nova resolução industrial pode contribuir para aprimoramento de seu desempenho. (ROBLEK et al., 2016)

Nesse contexto, um plano de ação de melhoria continua da avaliação diagnóstica da empresa no âmbito da GE seria mais bem traçado havendo seus referenciais refletidos nos requisitos da Indústria 4.0, para assim ser capaz de sanar suas fragilidades de maneira eficiente.

1.1 TEMA

A ascensão da urbanização e da industrialização dos grandes polos urbanos trouxe consigo a grande demanda energética, elemento primordial para o desenvolvimento industrial e conseqüente produção de bens e serviços.

Quando se trata de gerenciamento energético deve-se fazer um paralelo a temas como preservação do meio ambiente e sustentabilidade, motivado seja pela consciência ecológica, seja pela contenção de gastos, considerando também um melhor posicionamento quanto à competitividade no mercado mundial.

Entretanto, alcançar patamares referenciais de maturidade no quesito eficiência energética requer que haja a supervisão e monitoramento dos componentes que envolvem a GE. Este controle deve ser então realizado por meio de soluções cujos empregos visam aprimorar a relação da entidade industrial com seu GE.

Tais elementos que realizam as tratativas dos dados e informações (aquisição, transmissão, tratamento, análise e inteligência) que integram a gestão energética reportam-se aos requisitos e pilares da Indústria 4.0.

Nesse contexto, por meio de investigação e uso de métodos de avaliação multicritério, do inglês *Multicriteria Decision Making/Analysis* (MCDM/A), pretende-se analisar a avaliação diagnóstica de uma empresa multinacional quanto a sua gestão energética no contexto da Indústria 4.0.

1.1.1 Delimitação do Tema

Devido à dificuldade de estruturar e entender a Indústria 4.0, este estudo foi direcionado para desenvolver uma ferramenta que pudesse ser utilizada em uma empresa ou entidade industrial (indústria, setor, fábrica, ambiente industrial).

Em seu procedimento técnico, este estudo foi amparado em base instrumental embasada em plataformas MCDM/A que forneceram os elementos necessários para a implementação do sistema de avaliação caracterizado por uma fase diagnóstica e uma fase decisional. O modelo de avaliação resultante é contextualizado no âmbito de uma empresa do setor automotivo fornecendo análise diagnóstica na gestão energética e, com base nas fragilidades apontadas, ponderam-se elementos da Indústria 4.0 (dimensões decisoriais) que poderão melhorar o cenário apontado.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

A latente competitividade no setor industrial aliada ao atual quadro econômico mundial, motiva as empresas a buscarem constantemente soluções para aumentar os lucros. Este raciocínio não compreende pensar somente em contenção de custos, mas também considerar certos procedimentos que podem agregar mais resultados na otimização dos processos industriais. Um dos aspectos mais visados pela indústria é apostar na Gestão Energética como forma de tornar os processos e consumo de energia associado mais eficientes e economizar energia.

A necessidade de se adequar aos moldes da Indústria 4.0 tornou-se notória nos últimos anos, visto que a grande maioria das indústrias percebeu que a não adequação em médio prazo, acarretaria em menores chances de se tornarem competitivas com as que apostaram nos pilares das novas tecnologias, tornando suas produções mais ágeis, rentáveis e mais eficientes com melhor desempenho.

Dito isso, avaliar a capacidade de empresas no domínio da gestão energética fundamentando-se nos requisitos da Indústria 4.0, torna-se de suma importância para que haja um plano de ação de melhoria contínua a partir do resultado obtido pela avaliação.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo de avaliação da Gestão Energética sob os requisitos da Indústria 4.0 de uma indústria automotiva, através de métodos MCDM/A, sob uma perspectiva diagnóstica e propositiva visando melhoria com elementos da Indústria 4.0.

1.3.2 Objetivos Específicos

Objetivam-se as seguintes etapas específicas para atingir o objetivo geral:

Realizar o levantamento de pesquisas bibliográficas referentes ao domínio da Gestão Energética (GE) com foco em sua avaliação e domínio da Indústria 4.0;

Investigar métodos MCDM/A apropriados para a avaliação no contexto de GE na Indústria 4.0;

Estruturar uma abordagem de avaliação diagnóstica da GE, sob domínio industrial do setor automotivo, com base no método AHP;

Aplicar em um formato de questionário o modelo obtido com o método AHP em um profissional da empresa em questão, para obter uma real avaliação da situação de gestão de energia;

Estruturar uma abordagem decisional, com base no diagnóstico obtido, no direcionamento de melhoria da GE sob requisitos da Indústria 4.0, com base no método PROMETHEE;

Analisar os resultados obtidos sobre a da indústria estudada no âmbito de GE;

1.4 JUSTIFICATIVA

Além de impactar diretamente no progresso industrial (e decorrente produção de bens e serviços), nos gastos e na competitividade no mercado a nível mundial, ecoando também na esfera ecológica, a melhoria da demanda energética, em todos os aspectos, tem se mostrado uma preocupação constante para as entidades industriais.

A busca pela otimização energética de suas ações tem feito com que as indústrias procurem alternativas visando à eficiência e eficácia através da integração de seus processos.

De acordo com o Presidente da Associação Brasileira de Internet Industrial (ABII), José Filho, as empresas estão percebendo cada vez mais que a internet industrial será uma parte primordial da Indústria 4.0.

Vivemos agora uma revolução tecnológica que promete transformar novamente a maneira como o mundo funciona, gerando crescimento econômico, empregos mais qualificados e elevação dos padrões de vida. A Internet Industrial já começou. Une máquinas inteligentes, análise computacional avançada e trabalho colaborativo entre pessoas conectadas para gerar profundas mudanças e trazer eficiência operacional para setores industriais diversos: manufatura, transporte, energia e saúde. (FILHO, 2016)

Nesta conjuntura, é justificável o uso de técnicas e ferramentas pertinentes à avaliação diagnóstica da maturidade industrial na gestão energética, técnicas estas que podem representar perdas e desperdícios bem como potenciais melhorias, baseando-se nos preceitos da Indústria 4.0.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que seja realizada a análise de dados e estudo da avaliação diagnóstica sob as perspectivas da Indústria 4.0, define-se que primeiramente sejam

estudados artigos relacionados ao tema assim como aqueles recomendados pelo orientador e co-orientador.

Sendo assim, a metodologia de pesquisa abordada neste trabalho é de natureza científica aplicada, uma vez que se trata de um estudo, que busca um objetivo prático específico, originalmente configurado através do interesse na obtenção de novos entendimentos (MANUAL FRASCATI apud AGUIAR, 1991, p. 10). A estratégia a ser aplicada será continuamente arquitetada juntamente ao orientador, co-orientador, cooptando alunos de mestrado e doutorado, ao decorrer de seu andamento.

Definidos os métodos de tomada de decisões a ser utilizados, a próxima fase é de caráter diagnóstico da gestão energética onde, por meio do método AHP, será implementado um modelo de avaliação do nível de maturidade da empresa nesse setor.

Um formato de questionário do modelo obtido com o método AHP será aplicado em um profissional da empresa em questão, para obter uma real avaliação da atual situação de gestão de energia.

Será então delimitado um encaminhamento de abordagem decisional, sobre as perspectivas da I4.0 (Indústria 4.0) no âmbito da GE, de uma indústria automotiva por meio do método PROMETHEE.

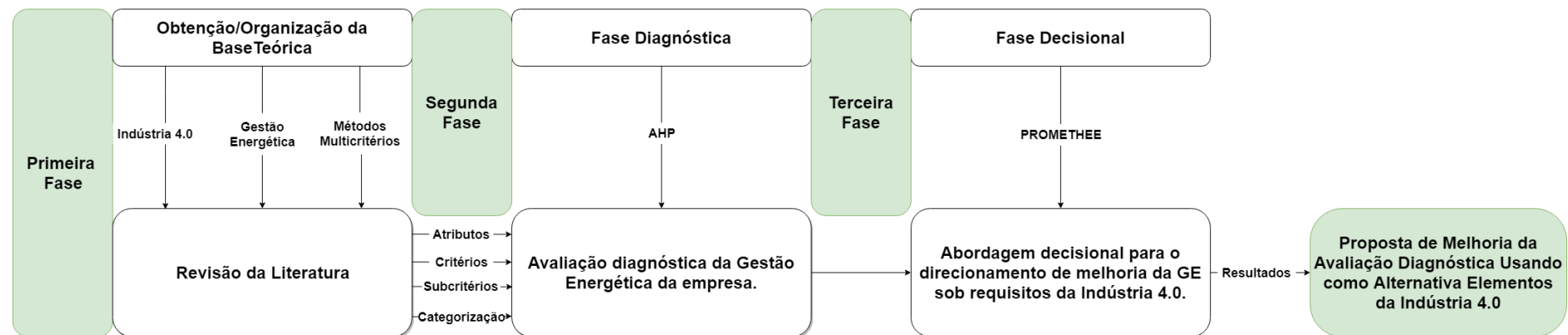
O modelo de avaliação resultante da integração dos métodos AHP e PROMETHEE será empregado a fim de estruturar o encaminhamento de avaliação diagnóstica e decisional da indústria em questão objetivando a melhoria de sua atual conjuntura no campo da gestão energética e oferecendo alternativas para sua melhoria.

Em outras palavras, será verificado na indústria automotiva objeto de estudo as fragilidades na gestão energética. Com base nestas informações, e amparados pelos pilares da Indústria 4.0, serão decididos quais elementos terão maior impacto na melhoria destes pontos débeis, e, por consequência, a melhora no nível de avaliação diagnóstica.

Será então elaborado o mapeamento destas condições para que seja executada a análise de maturidade dessa empresa e por fim será realizada uma proposta de melhoria usando como alternativa elementos da I4.0.

Os procedimentos metodológicos aplicados na realização deste Trabalho de Conclusão de Curso são demonstrados na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama dos procedimentos metodológicos



Fonte: Autoria própria.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho, representada pela Figura 2, deu-se a partir da realização da pesquisa bibliográfica, ou seja, aquela desenvolvida a partir de conteúdo previamente gerado (Gil, A. C., 2002), foram investigados métodos de avaliação multicritério sendo posteriormente definidos para a realização deste trabalho os métodos AHP e PROMETHEE.

Em seguida houve o estudo da instrumentalização desses métodos através das plataformas Super Decisions e Visual PROMETHEE, sendo posteriormente feita toda uma proposição de caminho metodológico: como esses métodos multicritérios serão empregados na empresa utilizada como case.

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos.

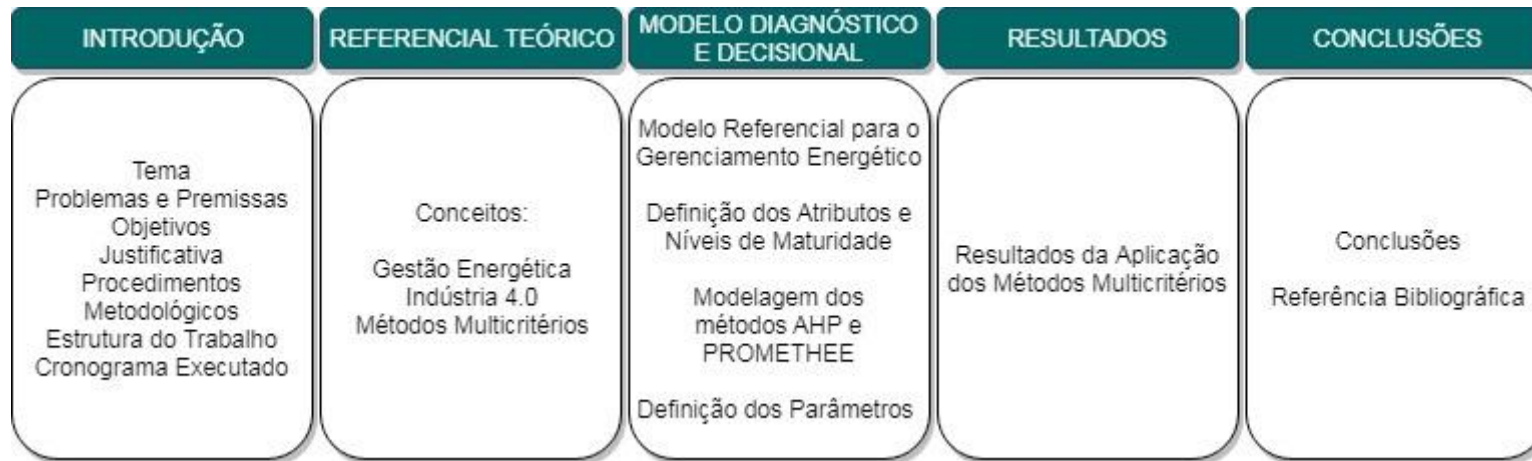
O primeiro capítulo aborda a introdução à temática, assim como os objetivos, problemas e premissas, justificativa, procedimentos metodológicos, cronograma e estruturação deste trabalho de conclusão de curso.

O Capítulo 2 é destinado à apresentação da revisão bibliográfica científica sobre a Gestão Energética e Indústria 4.0, estipulando os fatores pontuais que são determinantes a conclusão deste trabalho identificando seus pontos relevantes. Neste capítulo também são explanados os conceitos dos métodos multicritérios aplicados ao modelo proposto.

No Capítulo 3 se dá o desenvolvimento do trabalho. Com a apresentação do modelo referencial para o gerenciamento energético, são definidos os atributos e níveis de maturidade, bem como formulados os modelos diagnóstico e decisional.

No Capítulo 4 são expostos os resultados da aplicação dos MCDM no âmbito da gestão energética e o Capítulo 5 é destinado à conclusão, sendo por fim apresentadas as referências bibliográficas.

Figura 2 – Estrutura do Trabalho



Fonte: Autoria própria.

1.7 CRONOGRAMA EXECUTADO

Para fins de detalhamento das etapas a realizadas durante o período de três semestres do trabalho de conclusão de curso, foi cumprido o cronograma estipulado para concretização da proposta de análise de modelagem e avaliação da gestão energética na indústria 4.0 através de métodos multicritério.

No segundo semestre de 2017, na disciplina de Metodologia Aplicada ao TCC, cumpriu-se o cronograma visto na Figura 3.

Figura 3 – Cronograma Metodologia Aplicada ao TCC.

Atividades	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1. Apresentação da disciplina e conceitos introdutórios	■				
2. Estudos sobre sites de pesquisa e critérios de avaliação					
3. Estudo sobre as áreas de conhecimento do professores do DAELT		■			
4. Estudo das normas para apresentação de Trabalhos Acadêmicos da UTFPR			■		
5. Desenvolvimento da proposta para Metodologia Aplicada ao TCC	■	■			
6. Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação			■	■	■

Fonte: Autoria própria.

No primeiro e segundo semestre de 2018, quando ocorreram as apresentações do Trabalho de Conclusão de Curso 1 e 2, respectivamente, o cronograma deu-se pelo o que é observado na Figura 4.

Figura 4 – Cronograma TCC1 e TCC2.

Atividades	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1. Levantamento bibliográfico	■	■							
2. Identificação do conhecimento			■	■					
3. Organização do conhecimento			■	■	■	■			
4. Etapa diagnóstica			■	■				■	
5. Etapa propositiva			■	■	■				
6. Finalização da parte dissertativa do TCC			■	■					■
7. Ajustes finais do projeto com <i>software</i> utilizado			■	■				■	
8. Preparação para defesa do TCC			■	■				■	■
9. Defesa do TCC				■					■

Fonte: Autoria própria.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITOS: GESTÃO ENERGÉTICA E A ISO 50001

Atualmente, assuntos relacionados à preservação do meio ambiente e campanhas para processos mais sustentáveis, tornaram urgente a busca por meios capazes de minimizar os danos causados pelo homem ao planeta. Por outro lado, com o crescimento da urbanização e a industrialização dos grandes centros urbanos, a energia elétrica passou a ser um componente essencial para o desenvolvimento industrial e para a infraestrutura urbana das cidades. Nesse contexto, a gestão energética e fornecimento de energia elétrica ganharam bastante visibilidade na sociedade, trazendo alternativas para empresas e indústrias ao uso consciente de energia, até mesmo para aqueles que possuem sistemas próprios de geração. (ZANIN et al., 2002)

A energia é elemento essencial na produção de bens e serviços. Por conseguinte, a demanda energética é uma necessidade criada a partir da procura por esses bens e serviços. Na indústria, essa correlação é bastante perceptível e altamente influenciada pelo nível de produção, como também pelo nível tecnológico e pela relação de preços dos diversos energéticos. (ZANIN et al., 2002)

Em janeiro de 2015, começou a vigorar o sistema de bandeiras tarifárias (ANEEL, 2013), onde é incluído na conta de energia elétrica dos consumidores, uma sobretaxa nos custos como acréscimo pelo uso das termelétricas para a geração de energia. Em outubro de 2015 o Governo Federal adotou medidas com o Decreto nº 8.540 (BRASIL, 2015) que, em seu artigo quarto, trata da implementação de ações com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica.

Estas medidas importantes foram tomadas para redução do consumo de energia no Brasil, e em seu Balanço Energético Nacional de 2016, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017) registrou uma diminuição de 0,4% na produção de energia total no Brasil em relação ao ano anterior. A associação Brasileira de Empresas e Serviços de Conservação de Energia (ABESCO) considerou que o Brasil possui percentual de economia de energia de 6,2% no setor industrial.

(ABESCO, 2017). Entretanto, com a utilização de ferramentas de gestão de consumo de energia, espera-se que essa porcentagem diminua ainda mais nos próximos anos, assegurando processos mais sustentáveis para o meio ambiente e mais rentáveis e econômicos para empresas e indústrias.

Correlacionada a esse assunto, em 2011 foi lançada no Brasil a norma ABNT NBR ISO 50001 – Sistema de gestão da energia – Requisitos com orientação para uso, cujo principal objetivo é estabelecer uma metodologia para um sistema de gestão que melhore seu desempenho energético, além da diminuição dos efeitos nocivos ao meio ambiente.

A ISO 50001 tem como objetivo ser base referencial para as organizações demonstrarem que implementam ou dar início a implementação de um sistema eficaz de gestão de energia, visando melhorar o desempenho energético global, incluindo a utilização, consumo e gestão energética.

O propósito desta Norma é habilitar organizações a estabelecerem sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, uso e consumo de energia. A implementação desta Norma visa levar a reduções das emissões de gases de efeito estufa e outros impactos ambientais associados e do custo de energia, por meio de uma gestão sistemática da energia. Esta Norma é aplicável a todos os tipos e tamanhos de organizações, independentemente do compromisso de todos os níveis e funções da organização, especialmente da alta direção. (ISO, 2011).

A ISO 50001 se baseia na estrutura de melhoria contínua conhecida como Plan-Do-Check-Act (PDCA), observada na Figura 5. Este método iterativo de gestão de quatro passos é uma ferramenta fundamentada na repetição sucessiva de processos, buscando a melhoria contínua para garantir o alcance das metas de uma organização. Pode ser aplicada em qualquer atividade, sendo utilizada frequentemente em Lean Manufacturing, conhecido em português como manufatura enxuta.

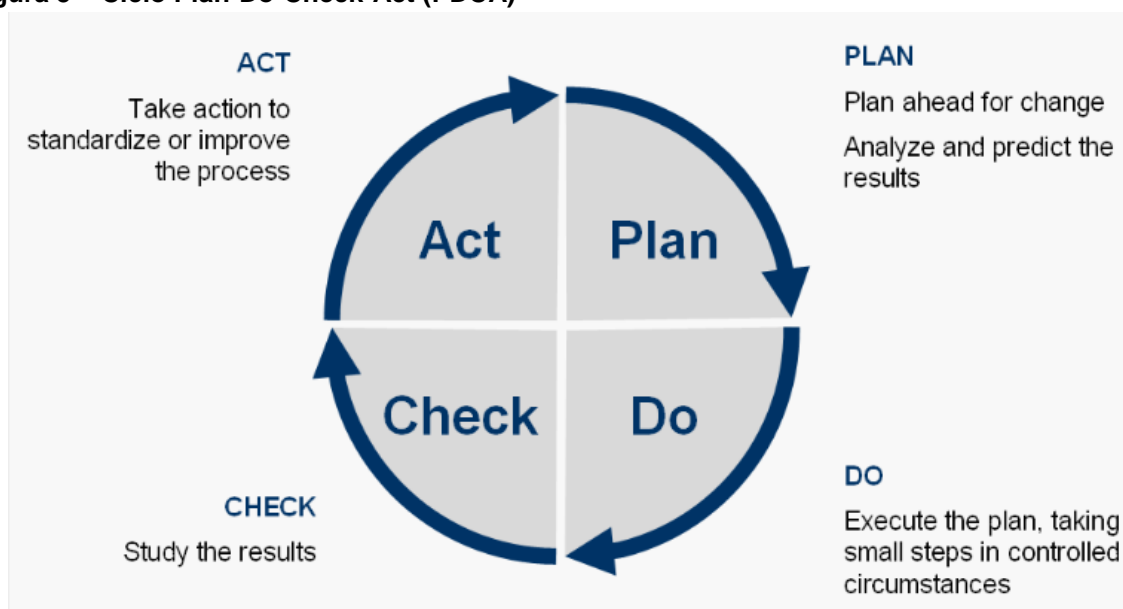
Segundo Vieira Filho (2010, p. 24) o PDCA é um método que gerencia as tomadas de decisões de forma a melhorar atividades de uma organização sendo,

também, muito explorado na busca da melhoria da performance. Isso faz com que o PDCA seja muito importante e contribua significativamente para a obtenção de melhores resultados.

De acordo com Campos (1996), o ciclo PDCA é subdividido em 5 etapas, sendo elas:

- Localizar o problema: Etapa realizada todas as vezes que a empresa se depara com um resultado (efeito) indesejado, provindo de um processo (conjunto de causas).
- Estabelecer meta: Segundo o autor, o problema será sempre a meta não alcançada, sendo a diferença entre o resultado atual e um valor desejado chamado meta.
- Análise do fenômeno: Parte do modo PLAN, é constituída da tratativa da análise detalhada do problema detectado, ou seja, descobrirá todas as características do problema selecionado por meio de coleta de dados.
- Análise do processo (causas): Consiste em buscar as causas mais importantes que provocam o problema, através da análise das características importantes.
- Elaborar plano de ação: Viabiliza a ação concreta no gerenciamento, delegando responsabilidades para todos os envolvidos no plano.

Figura 5 – Ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA)



Fonte: FLEVY, 2016.

A implantação dos requisitos desta norma como método de gestão de energia nas empresas, acarretará em benefícios decorrentes de sua implementação. Para a Société Générale de Surveillance (SGS) alguns destes benefícios são listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Alguns benefícios da implementação da ISO 50001

Requisitos	Benefícios
<ul style="list-style-type: none"> Definição de política energética, objetivos, meta e plano de ação. 	<ul style="list-style-type: none"> Envolvimento da gestão de topo. A gestão de energia é integrada na gestão corrente.
<ul style="list-style-type: none"> Identificação sistemática dos usos e consumos energéticos e respectivos impactos. 	<ul style="list-style-type: none"> Tudo é considerado. Enfoque nos aspectos que têm maior potencial de poupança.
<ul style="list-style-type: none"> Definição de processos e de procedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> Consistência na implementação. Maior eficiência nos processos.
<ul style="list-style-type: none"> Atribuições e responsabilidades de comunicação definidas. 	<ul style="list-style-type: none"> Pessoal treinado, competente e com consciência de suas funções e responsabilidades. Maior envolvimento.
<ul style="list-style-type: none"> Implementação de controles operacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento do uso eficiente de recursos. Minimização das situações do risco de desvios no consumo de energia.
<ul style="list-style-type: none"> Monitoramento e medição do consumo de energia. Estabelecimento de relação entre o consumo e os fatores que o influenciam. 	<ul style="list-style-type: none"> Previsão do consumo de energia. Os desvios podem ser identificados e corrigidos. Informação relevante recolhida para a decisão.
<ul style="list-style-type: none"> Análises regulares ao desempenho conduzidas pela gestão de topo. 	<ul style="list-style-type: none"> Podem ser identificadas tendências. Oportunidades para melhoria identificadas e implementadas. Melhoria contínua.

Fonte: Revista SGS – formação – Implementação de Sistemas de Gestão de Energia de acordo com a ISO 50001. 2013.

2.2 CONCEITOS: INDÚSTRIA 4.0

Considerar as particularidades que envolvem o ambiente no qual a indústria está posicionada é essencial para sua melhoria no âmbito de eficiência de processos. Para isso a Indústria 4.0 exige um avançado planejamento estratégico envolvendo critérios técnicos.

Dito isso, a tomada de decisão é diretamente impactada pelo aprimoramento tecnológico. Identificar o posicionamento da indústria perante seu nível de maturidade é essencial para sua trajetória direcionada a I4.0. Quando se fala em framework voltado aos preceitos da Indústria 4.0, o modelo Capgemini se destaca por sua abordagem baseando-se nos moldes de indústrias alemãs consideradas ideias nesse contexto. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

2.2.1 Revoluções Industriais e a Indústria Automotiva no Brasil

A história da evolução da indústria passa por quatro períodos de revolução. Cada revolução industrial teve seu papel fundamental nas grandes modificações sofridas pelas indústrias no decorrer das décadas. A primeira fase, ou Primeira Revolução Industrial, ocorreu na Inglaterra, no século XVIII, ficou caracterizada pelo uso do carvão, do ferro, de máquinas movidas a vapor e da produção têxtil. (ROBLEK et al., 2016)

O primeiro automóvel foi produzido no dia 2 de julho de 1771, e se deslocava a uma velocidade de 15 Km/h. Em 1885-86, o alemão Gottlieb Daimler, concebeu um motor revolucionário, conhecido atualmente como motor a diesel, e que 10 anos mais tarde fora aperfeiçoado por Henry Ford para a produção do primeiro carro com esse tipo de motor (DNER, 1983a). No Brasil no ano de 1893, em São Paulo, chegava o primeiro carro de propriedade de Henrique Santos Dumont, e quatro anos mais tarde ocorreria o primeiro acidente automobilístico no Brasil, com o carro de José do Patrocínio – o primeiro do Rio de Janeiro – dirigido na oportunidade por Olavo Bilac, poeta ligado à defesa da modernização do país, perderam o controle do veículo, que se chocou contra uma árvore, sem maiores danos para a saúde de ambos. (MELO, 2008)

Por sua vez, a segunda fase, ou Segunda Revolução Industrial, iniciou-se no século XIX e ficou marcada pelo grande salto na capacidade produtiva, dando início a produções em massa baseada na divisão de trabalho, graças ao uso do petróleo, da eletricidade e do aço.

A fabricação de automóveis foi um marco na evolução da indústria no século XX, após a Primeira Guerra Mundial, quando a produção artesanal dos veículos foi substituída pela fabricação em massa, devido aos novos processos de produtividade do trabalho. Henry Ford (Ford) e Alfred Sloan (General Motors) destacaram-se pela transformação das empresas por eles dirigidas em gigantes industriais, contribuindo com o progresso econômico dos EUA. (PIMENTA, 2002)

No pós-guerra, impulsionado pela escassez de bens de consumo e a dificuldade de importação, possibilitou o desenvolvimento de vários setores da indústria nacional. Aumentou-se também a importação de veículos oriundo de fabricantes europeus, principalmente da Volkswagen, gerando a competição cada vez mais acirrada entre as empresas, e, incentivando a criação da fabricação de veículos nacionais, para ganhar “fatias” do mercado. (MELO e CAPUTO, 2009)

No ano de 1957 muitas foram às facilidades criadas para o crescimento da indústria automobilística no Brasil, os grandes fabricantes começaram a produzir veículos modernos e mais compatíveis com o uso demandado pelo amplo território brasileiro. Por isso ao final do ano de 1957 a indústria automobilística brasileira atingiu 30.542 veículos produzidos, dobrando esse número no ano posterior e em 1959 chegou a 96.114 veículos. (GORDINHO, 2003)

A Terceira Revolução Industrial ocorreu no começo dos anos 70 e está presente até os dias de hoje, caracterizada pelos avanços na computação, dados pela instalação de computadores no chão de fábrica, automação com o uso de programadores lógicos programáveis (CLPs) e grande desenvolvimento da eletrônica, marcados pelo uso de sensores e dispositivos capazes armazenar e gerenciar grandes quantidades de variáveis de produção, permitindo a tomada de decisões de controle de dispositivos de forma autônoma. Como consequência, pode-se observar o aumento da qualidade nas linhas de produção, segurança, rentabilidade e competitividade. (CORREIA, 2008)

Nos anos 80, houve no setor automotivo brasileiro mudanças significativas, a partir desse ano as montadoras começaram a fabricar os chamados carros mundiais, isto é, veículos e peças fabricadas sob o mesmo desenho em vários países, possibilitando uma interação entre as fábricas de forma dinâmica – iniciando um novo modelo de produção. (CORREIA, 2008)

O termo Indústria 4.0, ou Quarta Revolução Industrial, surgiu no século XXI, com a proposta de conectar pessoas, sistemas e máquinas em um processo produtivo, melhorando assim a logística de produção e utilização de recursos, diminuindo as margens de erros e utilização de matéria prima, trazendo novos conceitos de tecnologia como: Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*), comunicação entre máquinas (M2M), Sistemas Cibernéticos (*Cyber Physical Systems*), Impressão 3D, entre outros. (ROBLEK et al., 2016)

De acordo com Venturelli (2017), entendendo a Indústria 4.0 como uma evolução dos sistemas produtivos industriais, podem-se listar alguns benéficos previstos e já estudados e baseados no impacto nas plantas:

- Redução de Custos;
- Economia de Energia;
- Aumento da Segurança;
- Conservação Ambiental;
- Redução de Erros;
- Fim do Desperdício;
- Transparência nos Negócios;
- Aumento da Qualidade de Vida;
- Personalização e Escala sem Precedentes;

No Brasil, as modificações que se sucederam após os anos 90 forçaram as empresas do setor a um intenso processo de reestruturação, obtendo um aumento

da produtividade por meio de inovações tecnológicas bem como no gerenciamento e automação da linha de produção, com a conseqüente redução do número de postos de trabalho. (NASCIMENTO, 2016)

O amadurecimento operacional, levará a esta nova demanda, onde a visão da Indústria 4.0 estará orientada a eficiência energética, integração da cadeia produtiva e orientação produtiva via BI (*Business Intelligence*), onde a estruturação técnica levará ao controle de processos descentralizado, todos os ativos e as tomadas de decisão estarão on-line. (VENTURELLI, 2017)

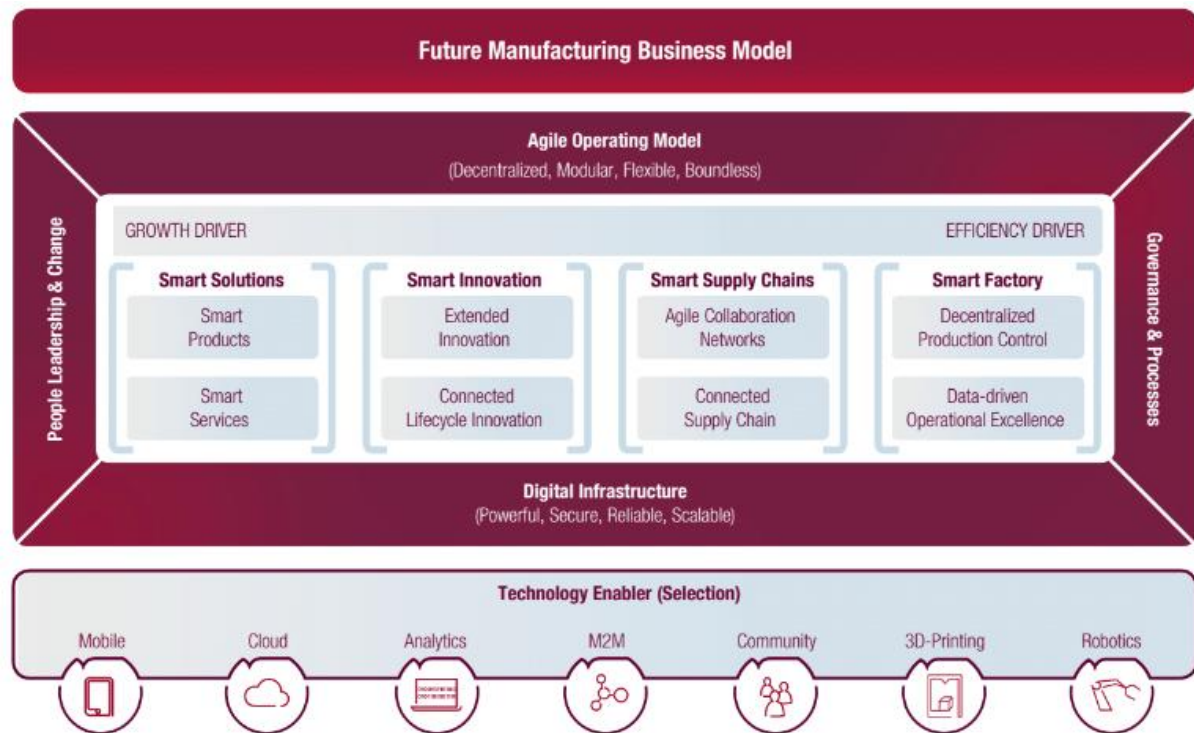
2.2.2 Industry 4.0 – The Capgemini Consulting View

Aproximadamente 50% das empresas alemãs propõem-se a dispor sua rede de colaboração industrial moldada pelos conceitos da I4.0 e 20% já estão engajada no tema. Esse modelo de indústria simboliza a manufatura inteligente ante os conceitos de rede, onde as máquinas e os produtos interagem entre si sem que haja a interferência humana. (Capgemini, 2014)

Buscando dar vazão a uma nova revolução industrial munida pela evolução das tecnologias digitais, a Indústria 4.0 possui como base os sistemas CPS (Ciber-Physical Systems) colaborativos, que unem o mundo físico ao virtual impactando de maneira individual e coletiva cada domínio de *business* das organizações.

A Capgemini é uma das maiores provedoras de consultoria, tecnologia e serviços terceirizados a nível global, estando presente em mais de 40 países com seus quase 140 mil funcionários. Elaborou seu próprio meio de trabalho, o *Collaborative Business Experience* (experiência em negócios colaborativos) e traçou o modelo de entrega global que auxilia na agregação de valor por meio do uso eficiente de recursos, o *Rightshore* (Capgemini, 2014). A representação da estrutura de seu *framework* pode ser vista na Figura 6.

Figura 6 – Framework da Indústria 4.0



Fonte: Capgemini (2014)

O sistema fabril é delineado em níveis: estratégico, tático e operacional.

2.2.2.1 Nível Estratégico

O nível estratégico compreende práticas de *Growth* e *Efficiency*.

People Leadership & Change é um fator que impacta diretamente o *Growth*, ou crescimento, que objetiva o aumento da receita da empresa. Esse fator destaca a importância do treinamento dos líderes das operações e a constante revisão das práticas da empresa focando o aperfeiçoamento. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

A eficiência (*Efficiency*), analogamente ao crescimento, busca a atenuação dos gastos. Nesse caso o fator de maior impacto é aquele que define as políticas e o contínuo monitoramento de sua conformidade e aplicação nos processos, o *Governance & Process*. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

Dessa maneira o *Agile Operating Model* (operações descentralizadas, modulares e flexíveis) e *Digital Infrastructures* (potencial digital, segurança de processos, confiabilidade e escalabilidade das fábricas) interagem diretamente com essas práticas. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

2.2.2.2 Nível Tático

Já o nível tático, essencial para o entendimento da Indústria 4.0, é composto pelos quatro pilares da I4.0: *Smart Solutions*, *Smart Innovation*, *Smart Supply Chain* e *Smart Factory*.

O pilar *Smart Solutions*, composto por produtos e serviços inteligentes, é subdividido por *Smart Products* e *Smart Services*. O primeiro são CPS cujas funções e recursos se fundamentam em conectividade. Por meio desse “gêmeo virtual” é possível listar o lote, número de identificação e status de produção (se está atrasado, concluído, precisa ser refeito ou descartado) das partes envolvidas. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

Já os *Smart Services* podem estipular modelos de negócios, mercados de serviços, digitalizando os serviços de entrega por meio de novas tecnologias.

Constituído por *Extend Innovation* (iniciativas tecnológicas provindas exteriormente à empresa) e *Connected Lifecycle Innovation* (formados por sistemas PLM – *Product Lifecycle Management* – que podem ser acessados por meio de aplicativos mobile e uso da plataforma *Big Data & Analytics*), *Smart Innovation* é espelhada pela criação e distribuição de inovação não se restringindo às fronteiras organizacionais da instituição, gerando um ambiente de soluções acessível à empresa unindo consumidores, fornecedores, *database* de empregados e parceiros de pesquisa com publicações científicas, além das redes sociais, fóruns e dados publicados por outras organizações. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

Smart Supply Chain são as cadeias de fornecedores, integradas e automatizadas, devido ao uso de CPS. Formadas por *Agille Collaboration Networks* (trata do direcionamento da integração horizontal e torna possível a criação de

produtos customizados e ampliando o foco em competências essenciais de produção) e *Connected Supply Chains*, elaboradas a partir de redes de fornecimento verticais. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

Smart Factory, baseada em *Cyber Physical Production System*, é constituída por duas vertentes. *Decentralized Production Control* promove o controle de produção descentralizado considerando o desempenho de máquinas inteligentes operando de maneira auto-organizacional e otimizada. A outra vertente, *Data-driven Operational Excellence*, possui seu horizonte na excelência na produção por meio da descentralização com base em dados fornidos, e analisados de maneira incessante, das máquinas inteligentes. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

2.2.2.3 Nível Operacional

O nível operacional é então delimitado pelos habilitadores tecnológicos:

Mobile: engloba os métodos de comunicação *wireless* que permite a interação homem x máquinas inteligentes.

Cloud: nuvens de redes digitais que compõem o mundo virtual da empresa.

Advanced Analytics: responsável pelas estatísticas de mercado, produção e máquinas autônomas, possibilita a angariação desses dados dando maior relevância àqueles que representam maior crescimento e eficiência da indústria.

Machine-to-Machine: promove a conversação entre máquinas auxiliando na tomada de decisões por meio da troca de informações automatizadas entre CPS, formando a interface entre o mundo físico e virtual.

Community Plataforms: portais comunitários compostos por ofertas sofisticadas a nível empresarial patrocinadoras do desenvolvimento da empresa por meio da ampliação da interação entre clientes, colaboradores e funcionários. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

3d-Printing: a manufatura aditiva, como também é conhecida à impressão 3D, é responsável pela promoção de produtos customizados anulando suas desvantagens, impactando diretamente na eficiência e no diferencial da organização.

Advanced Robotics: de extrema importância no âmbito da eficiência e diminuição de complexidades de produção, aborda o emprego de robôs como unidades independentes de produção. (VENÂNCIO, BREZINSKI, 2017)

2.3 CONCEITOS: MÉTODOS MULTICRITÉRIOS

Multicriteria Decision Making/Analysis (MCDM/A), do português Métodos Multicritério de Tomada de Decisão (MMTD) constitui-se de um método representado por meio de análise explícita que avalia múltiplas possibilidades entre critérios para a tomada de decisão ou avaliação. Estruturar e sintetizar problemas leva a uma melhor tomada de decisão, minimizando-se a chance de arrependimento após decisão feita, principalmente tratando-se de problemas mais complexos, geralmente no âmbito de negócios. De acordo com BELTON (2002) as decisões tomadas em nível gerencial, sejam em empresas públicas ou privadas, tipicamente irão envolver grande variedade de critérios, sendo necessária à utilização deste método. (TESSER, 2017)

De acordo com XU e YANG (2001) existem dois tipos de problemas MCDM: o primeiro tipo toma como base uma relação finita de soluções alternativas e no segundo tipo essa relação é infinita. Múltiplos atributos/critérios formam uma hierarquia: Um atributo é uma propriedade, uma qualidade ou uma característica das alternativas em questão. Alguns podem se dividir em atributos com níveis menores, chamados de sub-atributos. Além disso, há um conflito entre esses critérios e são de naturezas híbridas, muitas vezes com unidades imensuráveis, misturas de elementos quantitativos e qualitativo.

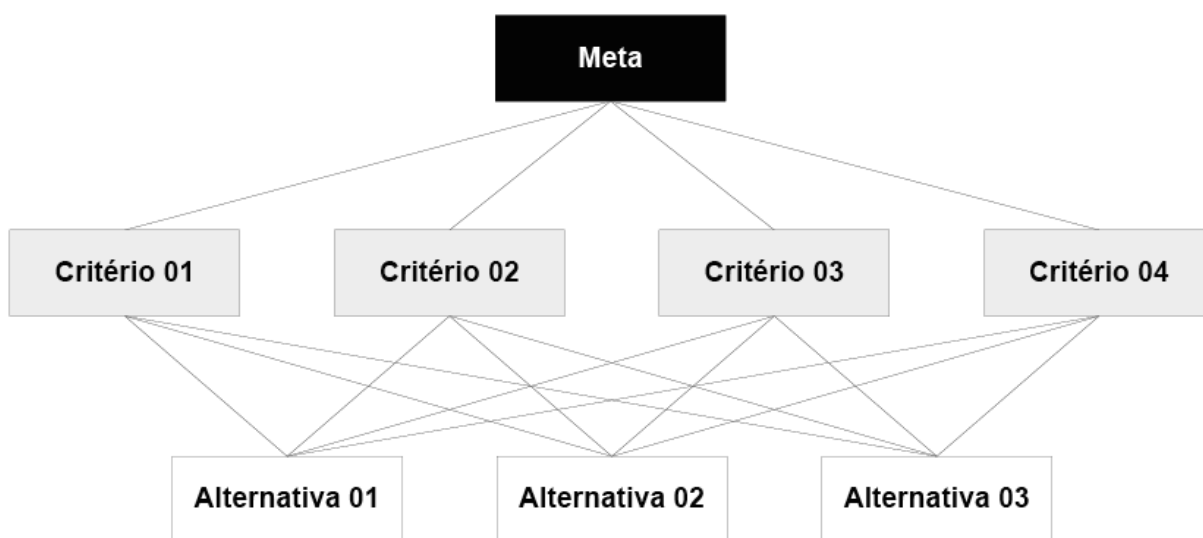
2.3.1 AHP

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) consiste em uma ferramenta utilizada em problemas complexos que precisam de uma tomada de decisão em que fatores são ordenados de forma estrutural hierárquica e os princípios e a filosofia da abordagem avaliativa fornecem informações gerais do tipo de medida utilizada, suas propriedades e aplicações. (SAATY, 1990)

Com abordagem matemática e princípios da psicologia cognitiva, ele foi introduzido em 1980 pelo Professor Thomas Saaty, em Wharton, Universidade da Pensilvânia.

Esta estrutura pode ser visualizada conforme a Figura 7.

Figura 7 – Estruturação AHP



Fonte: (VARGAS, 2010)

Para aplicação do método AHP, é necessária a aplicação de cinco etapas, de acordo com Liao et al. (2014) apud Gonçalves (2017, p. 33-37):

1. Definir o objetivo a ser alcançado (meta)
2. Definir quais possíveis alternativas para a resolução do problema que está entre a o objetivo a ser alcançado e a situação atual, bem como seus critérios e subcritérios, e montar uma estrutura hierárquica abrangendo todas as informações, como mostra a Figura 8.

3. Aplicar a escala de 1 a 9 definida por Saaty, representada na Tabela 2, e guardar os resultados das comparações em matrizes quadradas, conhecidas por Matriz de Comparação Paritária. Após isso, deve-se responder ao seguinte questionamento: “Quanto o critério ou subcritério da linha j é mais importante que o critério ou subcritério da coluna i?”. (SAATY, 1992)
4. Usar o cálculo da prioridade global para dar peso às alternativas, esta etapa pode ser feita com os seguintes passos
 - a. Em cada coluna, some os pesos das comparações paritárias de cada critério, sendo C_i a soma dos pesos de cada coluna, então $C_i = \sum_{x=1}^n w_{xi}$
 - b. Divida o peso de cada comparação paritária pela soma de sua respectiva coluna. Sendo q_{ji} a divisão localizada na linha j e coluna i da matriz, então $q_{ji} = w_{ji}/c_i$.
 - c. Encontre a média da soma dos valores obtidos em cada linha após as divisões. Este valor corresponde à prioridade local do critério ou subcritério. Sendo p_y a média dos valores de cada linha da matriz, então $p_y = \frac{1}{n} (\sum_{z=1}^n q_{yz})$.
 - d. A prioridade global de um critério ou subcritério é calculada através da multiplicação de sua prioridade local quando comparado com os outros critérios ou subcritérios pela prioridade local da alternativa com relação aquele critério;
 - e. A prioridade final de uma alternativa é dada pela soma de todas as prioridades globais dos critérios com referência à alternativa.
5. Calcular a Razão de Consistência das matrizes de comparações paritárias. Para tal, é necessário dividir esta etapa em 3 passos:
 - a. Calcular o Autovalor Máximo da matriz, sendo $\lambda_{m\acute{a}x}$ o autovalor máximo da matriz, então $\lambda_{m\acute{a}x} = \sum_{z=1}^n c_z * p_z$.
 - b. Calcular o índice de consistência da matriz. Sendo IC o índice de consistência, então: $IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$ onde n é o tamanho da matriz quadrada $n \times n$
 - c. Calcular a razão de consistência da matriz através do índice aleatório de consistência (IAC). Este índice possui valores já tabelados de acordo com o tamanho n da matriz quadrada. Sendo RC a razão de

consistência, então: $RC = \frac{IC}{IAC}$. O cálculo da razão de consistência nos permite saber se os valores de comparação paritários da matriz são consistentes ou não. O método AHP tolera uma inconsistência de até 10%. Sendo assim, os valores de RC devem ser menores ou iguais a 0.1. Caso este valor ultrapasse a margem permitida de 10%, deverá se realizar uma nova comparação par a par entre os critérios para se adequar os valores da matriz.

Tabela 2 – Escala de comparação de critérios

1	Igual importância
3	Pouco mais importante
5	Muito mais importante
7	Bastante mais importante
9	Extremamente mais importante
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Fonte: Adaptado de Saaty (1992), autoria própria.

Figura 8 – Índices aleatórios de consistência

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random consistency index (R.I.)	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fonte: Saaty; R.W., 1987.

2.3.2 PROMETHEE

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) foi desenvolvido por Jean-Pierre Brans em 1982 e apresentado pela primeira vez durante uma conferência no Canadá (BRANS; MARESCHAL, 2005). Este método consiste em construir uma relação de sobreclassificação de valores (VINCKE, 1992). Além disso, destaca-se pelo fácil

entendimento pelo *decisor*, por envolver conceitos e parâmetros que apresentam interpretações físicas ou econômicas. (BRANS, 1985)

O método de classificação adaptado a problemas onde um número finito de alternativas deve ser ranqueado de acordo com os critérios permite que as alternativas sejam avaliadas por diferentes critérios.

Para a utilização deste método é preciso duas informações com relação à importância dos critérios avaliados: informação quanto à importância ou não do critério considerado (peso) e informação quanto à função de preferência do *decisor* (BRANS, 1985). Brans e Vincke, 1985, sugeriram a seguinte equação:

$$a P b, \text{ se } f(a) > f(b),$$

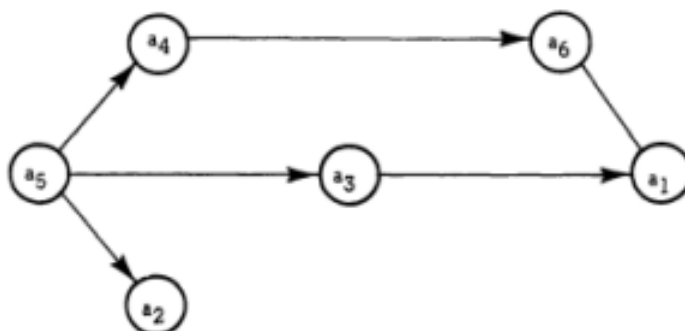
$$a I b, \text{ se } f(a) = f(b),$$

Em que P significa “preferência” e I “indiferença”, e “a” e “b” são dois diferentes critérios avaliados em uma escala de 0 a 1.

O método Promethee ainda traz duas abordagens diferentes: Promethee I e Promethee II, onde o primeiro refere-se ao ranking parcial e o segundo ranking total. O Promethee I pode fornecer, em alguns casos, um ranking incompleto, ou seja, alguns critérios não podem ser comparados entre si e então não são incluídos. Já o Promethee II fornece um ranking completo de critérios, do melhor ao pior destes. (BRANS, 1985)

A diferença primordial entre estes dois métodos está na forma como eles relacionam as alternativas umas com as outras depois de efetuadas todas as etapas. Brans (1985) forneceu um exemplo para melhor entendimento dos métodos PROMETHEE I e II. As figuras 9 e 10 mostram, respectivamente, as relações de acordo com os métodos I e II.

Figura 9 – Promethee I, relação parcial



Fonte: (BRANS, 1985)

Figura 10 – Promethee II, relação total



Fonte: (BRANS, 1985)

Gomes (2007) afirma que estes métodos se mostram mais resistentes a variações de parâmetros, porém estabelece que a família PROMETHEE se apresenta vulnerável quando se trata da ocasional parcialidade dos analistas.

Em suma, definida a função preferência o próximo passo seria então calcular o grau de preferência da ação a ser tomada baseando-se naquela que apresente maior desempenho.

Segundo Campos (2011), a metodologia do Promethee faz o uso de seis diferentes tipos de critérios generalizados, determinados pelo *decisor*. O *decisor* define então o grau e intensidade de sua preferência para cada critério. Sendo os seis diferentes tipos: Usual Criterion; U-Shape Criterion; V-Shape; Criterion; Level Criterion; V-Shape Indifference; Gaussian Criterion.

3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo é destinado à apresentação do desenvolvimento relacionado às etapas de avaliação diagnóstica do nível de maturidade de uma empresa automobilística, no âmbito da gestão energética no contexto da Indústria 4.0, por meio do uso do método de avaliação multicritério AHP, executado pela plataforma *Super Decisions*. Posteriormente, ainda neste capítulo, será realizada a análise decisional que objetiva a identificação dos fatores que possam impactar no aumento do grau de maturidade por meio do método multicritério PROMETHEE, através do uso do *software Visual PROMETHEE*.

A empresa automobilista, objeto de estudo deste Trabalho de Conclusão de Curso, é uma empresa internacional que se dedica ao projeto, fabricação e venda de veículos de passeio e veículos comerciais. A empresa está presente em centenas de países e é um dos maiores fabricantes de veículos do planeta, produzindo no Brasil, cerca de 200 mil veículos por ano.

Possui uma rede de cerca de 300 concessionárias estrategicamente distribuídas e oferece uma série de serviços de pós-venda para veículos de passeio e comerciais leves que levaram a conquistar alguns dos principais prêmios de atendimento ao cliente nos últimos anos.

3.1 MODELO REFERENCIAL PARA O GERENCIAMENTO ENERGÉTICO

O crescente aumento dos preços aplicados à utilização de energia elétrica, restrições mais rigorosas à legislação ambiental, novas políticas de oferta e demanda, assim como programas e políticas voltadas à eficiência no uso final de energia, geraram uma demanda crescente pela redução do consumo de energia e seus custos relacionados nas organizações industriais. (SCHULZE, M., NEHLER, H., OTTOSSON, M., THOLLANDER, P., 2015)

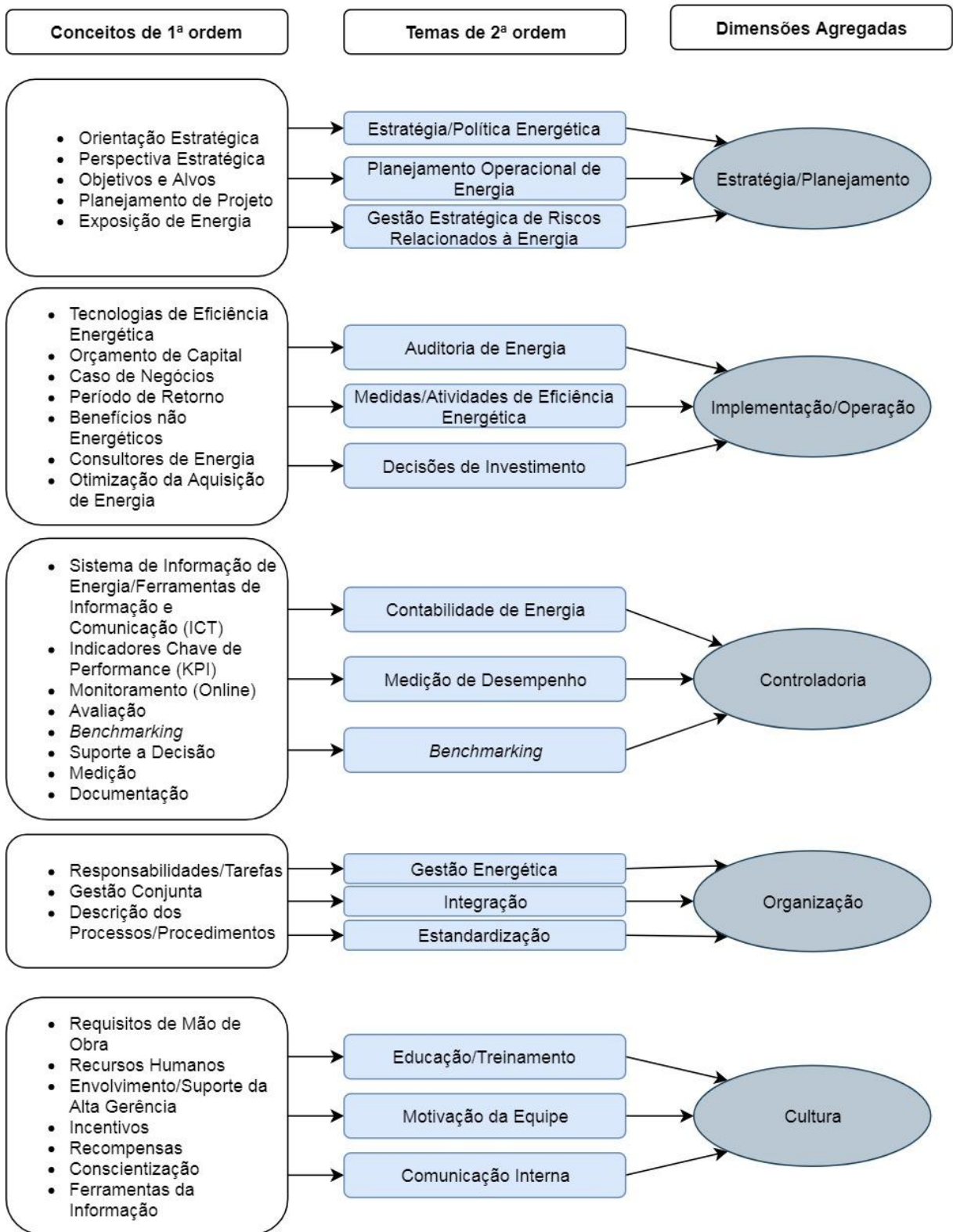
Portanto, a redução do consumo de energia assim como seus custos relacionados se faz crucial para o gerenciamento energético.

Para a estruturação e criação de um modelo de avaliação do grau de maturidade da empresa automobilística, estipulou-se que os atributos a serem abordados na modelagem diagnóstica atendam aos requisitos da ISSO 50001.

Para tanto, baseando-se no *framework* conceitual exposto no artigo *Energy management in industry - a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework*, que fornece uma revisão sistemática de produções acadêmicas publicadas acerca da gestão energética na indústria, foram definidos aqueles a serem efetivamente tratados neste trabalho. (SCHULZE, M., NEHLER, H., OTTOSSON, M., THOLLANDER, P., 2015)

No artigo mencionado, são definidos cinco elementos-chave essenciais para a gestão de energia, assim como os respectivos critérios e subcritérios relacionados a cada um destes elementos, como pode ser observado na Figura 11.

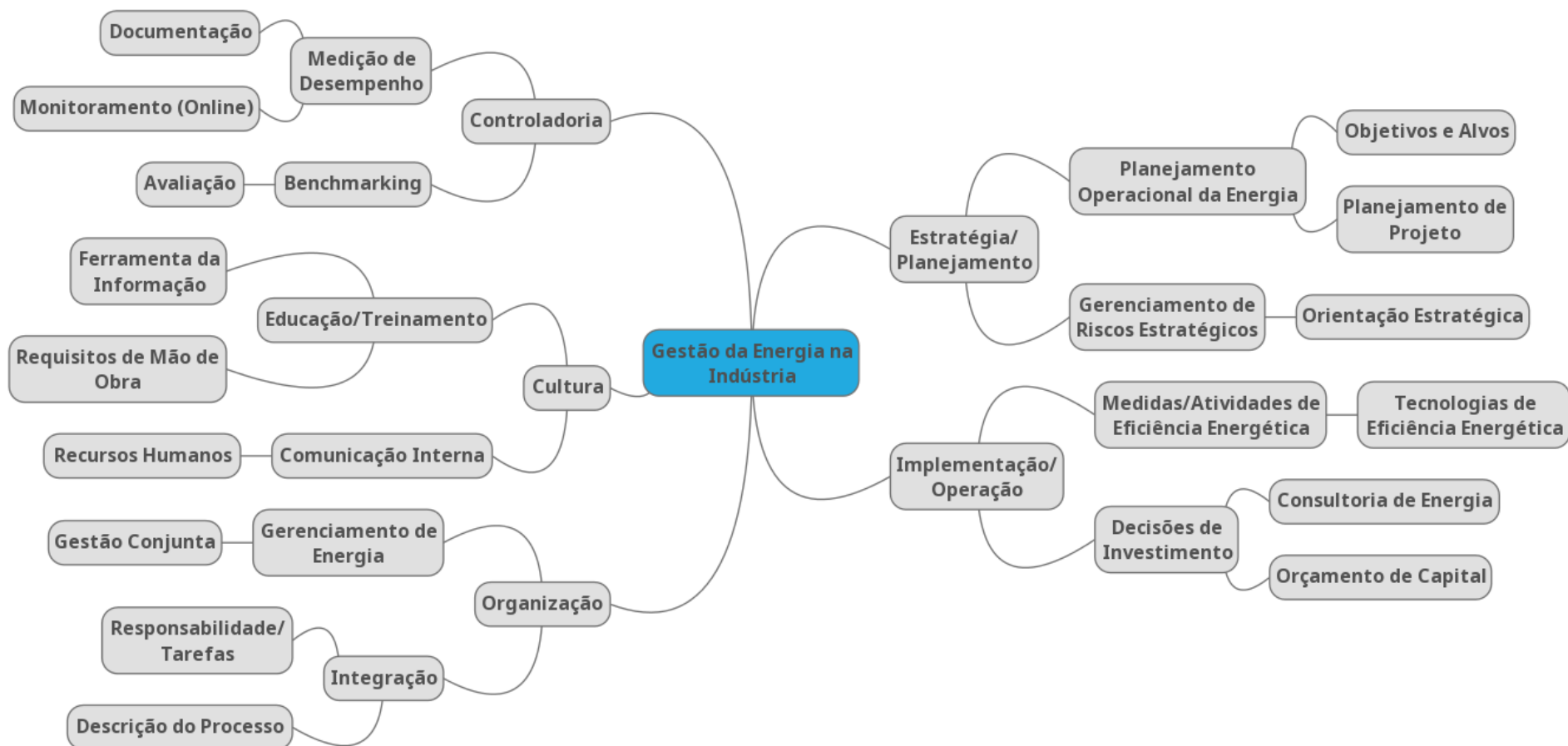
Figura 11 – Modelo referencial do gerenciamento energético na indústria



Fonte: Adaptado do artigo *Energy Management in Industry* (SCHULZE, NEHLER, OTTOSSON, THOLLANDER, 2015)

O *framework* apresentado proporcionou maior clareza para o mapeamento dos processos e elementos envolvidos no domínio da gestão energética da empresa automobilística. Dessa maneira, adaptando este modelo referencial aos moldes delimitados pelo objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso, criou-se o mapa conceitual apresentado na Figura 12, que posteriormente deu origem ao modelo diagnóstico utilizado.

Figura 12 – Mapa Conceitual da Gestão da Energia na Indústria



Fonte: Autoria Própria.

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS NA LITERATURA

A partir do mapa conceitual criado através da adaptação do modelo referencial apresentado na Figura 11, estipularam-se os atributos, critérios e subcritérios a serem abordados na análise diagnóstica da empresa automobilística.

3.2.1 Definição dos Atributos, Critérios e Subcritérios

Foram considerados atributos os cinco elementos-chave essenciais para a gestão de energia dentro de uma organização, expostos no artigo *Energy management in industry - a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework*.

Já os critérios (considerados os indicadores, regras, elementos de observação que podem guiar a decisão), bem como seus subcritérios, foram definidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Definição dos atributos, critérios e subcritérios

Atributos	Conceitos
Controladoria	Monitoramento da eficiência e análise constante do consumo de energia de processos de fabricação e suporte para a gestão de energia, além das tecnologias de informação e comunicação, medições de desempenho, processos industriais e outras tecnologias para controle de atividades. (SCHULZE, M., NEHLER, H., OTTOSSON, M., THOLLANDER, P., 2015).
Cultura	Educação / formação, motivação do pessoal e comunicação como elementos-chave de uma gestão de energia. Programas de treinamento e conscientização em gestão de energia para executivos seniores da empresa, além de uma comunicação bilateral eficaz. (SCHULZE, M., NEHLER, H., OTTOSSON, M., THOLLANDER, P.,

	2015).
Estratégia/Planejamento	Política energética / energética de longo prazo por escrito, planejamento energético e o processo de definição de metas relacionado em uma empresa e, finalmente, a necessidade de um risco estratégico sistemático abordagem de gestão para minimizar a exposição das empresas relacionadas ao uso de energia. (SCHULZE, M., NEHLER, H., OTTOSSON, M., THOLLANDER, P., 2015).
Implementação/Operação	Implementação de medidas de eficiência energética, medidas de decisão de investimento em eficiência energética e auditorias energéticas. (SCHULZE, M., NEHLER, H., OTTOSSON, M., THOLLANDER, P., 2015).
Organização	Integração e padronização como organização além-desafios no âmbito de gestão de energia e práticas de gestão respeitadoras do clima e estrutura organizacional. (SCHULZE, M., NEHLER, H., OTTOSSON, M., THOLLANDER, P., 2015).
Critérios	Conceitos
Gerenciamento de Riscos Estratégicos	Diretrizes para o gerenciamento de riscos para a identificação, avaliação, priorização, tratamento, monitoramento e comunicação dos riscos estratégicos de uma empresa. Visão de riscos à tomada de decisões e uma linguagem comum de gerenciamento de riscos, aplicável na gestão de energia. (SANEPAR, 2018).
Planejamento Operacional da Energia	Processo de estabelecer metas e elaborar ideias e planos para alcançá-las referindo-se especificamente às tarefas e operações realizadas ligadas a energia no nível operacional da organização. A ação envolve a construção de

	táticas e etapas de raciocínio voltados para "o que fazer" e "como fazer" as atividades e tarefas rotineiras da organização. (MARQUES, J. R., 2018).
Decisões de Investimento	Essas decisões podem estar ligadas à aquisição de outras empresas, à análise de uma operação de leasing, a um programa de redução de custos a prazo ou qualquer outro decisor relacionado à questão energética. É capital que se aplica com o intuito de obter rendimentos a determinado prazo. (PUGGINA, W. A., 1981).
Medidas/Atividades de Eficiência Energética	Quaisquer atividades ou medidas que englobam o conceito de eficiência energética, onde o objetivo consiste em conseguir estabelecer a melhor performance de um produto ou serviço com o menor gasto energético possível. (NBR ISO 50001, 2011).
Benchmarking	Processo ou técnica de gestão através do qual as empresas ou organizações avaliam o desempenho dos seus processos energéticos, sistemas e procedimentos de gestão energética comparando-o com os melhores desempenhos encontrados noutras organizações reconhecidas como líderes em seus setores. (NUNES, P., 2018).
Medição de Desempenho	Um sistema de medição de desempenho é constituído por um conjunto de medidas (ou indicadores) utilizadas para quantificar a eficiência ou a eficácia energética. As medidas de desempenho podem ser classificadas de diferentes maneiras, conforme as necessidades de informação da empresa e a sua estrutura de organização e decisão. (SINK, D. S., TUTTLE, T. C., 1993).

Gerenciamento de Energia	Acompanhamento do consumo e obter as estimativas de redução. O gerenciamento de energia pode ajudar a adequar a empresa em um perfil de tarifa, conforme seu consumo. Pode ajudar a identificar que determinada empresa deve sofrer uma mudança tarifária, de acordo com a sua necessidade e seu consumo e, assim, garantir mais economia financeira e menos desperdício de energia. (CUNHA, L., 2010).
Integração	Denomina-se integração ao processo que um determinado elemento se incorpora a uma unidade maior. Está relacionada com a conexão entre a fábrica e toda cadeia de valor externa à planta. Permite que todos os níveis da fábrica estejam conectados, do chão de fábrica até os executivos. (ROMANO, M., 2017).
Comunicação Interna	A comunicação interna é uma área da comunicação integrada que foca suas ações nos colaboradores de uma empresa. Trata-se da transmissão e do compartilhamento de informações relevantes e estratégicas em um ambiente corporativo, podendo ser aplicado em atividades relacionadas à gestão energética. (ELIAS, B., 2017).
Educação/Treinamento	Procedimento educacional, cuja finalidade é fazer com que as pessoas consigam adquirir atitudes, competências e conhecimentos necessários para suprir as demandas das organizações empresariais no âmbito de gestão energética. Nas empresas, o treinamento é direcionado para a transmissão de conhecimentos técnicos específicos ao ambiente corporativo e às funções que são desempenhadas pelos funcionários. (SCHULZE, M., NEHLER, H.,

	OTTOSSON, M., THOLLANDER, P., 2015).
Subcritérios	Conceitos
Orientação Estratégica	As estratégias definem caminhos e alternativas sobre como conquistar seus objetivos no âmbito de eficiência energética. Deverá ter em conta os problemas identificados e, face à evolução prevista, indicar quais os mecanismos para a resolução dos mesmos. Elas estabelecem prioridades e promovem sinergia criando uma marcha de execução disciplinada e motivada pela visão da empresa. (BRAND ME, 2018).
Objetivos e Alvos	Os objetivos são os resultados que a organização pretende realizar. Nesta etapa, deve-se identificar aonde a empresa quer chegar. Referem a posições desejadas a serem conquistadas ao longo dos anos e que procuram antecipar-se a mudanças do meio ambiente e da adaptação da empresa a estas mudanças frente ao gerenciamento de energia. São os objetivos de longo alcance (que incluem os alvos de menor horizonte de tempo). (RICHERS, R., 1980).
Planejamento de Projeto	O planejamento do projeto é o processo para quantificar o tempo e orçamento que um projeto custará. A finalidade é criar um plano do projeto que um gestor possa usar para acompanhar o progresso dos objetivos a serem alcançados. (MARCONDES, J. S., 2016).
Consultores de Energia	Com consultoria em Energia, é possível saber por meio de medições e diagnósticos técnicos, como estão às condições das instalações e equipamentos, e onde estão as principais fontes de desperdícios de energia na empresa. É possível

	estabelecer maior eficiência nos sistemas e processos da empresa através de melhorias principalmente na otimização da quantidade e intensidade do consumo de energia. (SENAI, 2018).
Orçamento de Capital	Orçamento de capital é o processo que consiste em avaliar e selecionar investimentos de longo prazo, que sejam coerentes com o objetivo da empresa de maximizar a riqueza dos proprietários. Na gestão energética visa retorno a curto/médio prazo dos investimentos feitos. (LEMES Jr., BARBOSA A., RIGO, MIESSA C., SZABO A. P. M., 2002).
Tecnologias de Eficiência Energética	Quaisquer tecnologias que englobam o conceito de eficiência energética, onde o objetivo consiste em conseguir estabelecer a melhor performance de um produto ou serviço com o menor gasto energético possível. (NBR ISO 50001, 2011).
Avaliação	Avaliação sistemática das atividades desenvolvidas, que tem o objetivo de averiguar se elas estão de acordo com as disposições planejadas e/ou estabelecidas previamente, se foram implementadas com eficácia e se estão adequadas. (SENAI, 2018).
Documentação	Documento vincula-se a materiais físicos que de alguma forma são registrados. Esses documentos são guardados e conservados em arquivos, que, por sua vez, consistem em um local onde se armazenam conjuntos de documentos com a finalidade de tornar acessível o uso das informações contidas nos mesmos. (TANUS, G. F. S., RENAU, L. V., ARAÚJO, C. A. A., 2012).
Monitoramento (online)	Através do monitoramento (online), é possível

	<p>saber em tempo real se existe a iminência de falha (energética) nos componentes, indicando fielmente qual a posição em que está ocorrendo. O sistema possibilita ainda a geração de gráficos através de software integrado, que permitem o estudo da origem da falha e o comportamento da deterioração. (SCHULZE, M., NEHLER, H., OTTOSSON, M., THOLLANDER, P., 2015).</p>
Gestão Conjunta	<p>Direcionamento dos esforços da área na busca por impactos significativos nos resultados da empresa. O foco desta união não deve ser a redução do custo unitário do produto, e sim dos custos globais da empresa no âmbito energético. Dessa forma, os custos unitários serão também reduzidos. (PINTO, H., 2018).</p>
Responsabilidade/Tarefas	<p>Conjunto de ações que beneficiam a sociedade e as corporações que são tomadas pelas empresas, levando em consideração a energia, economia, educação, meio-ambiente, saúde, transporte, moradia, atividade locais e governo. (SCHULZE, M., NEHLER, H., OTTOSSON, M., THOLLANDER, P., 2015).</p>
Descrição/Procedimentos do Processo	<p>Descrição dos procedimentos envolvendo passos químicos ou mecânicos que fazem parte da manufatura de um ou vários itens, usualmente em grande escala. Processos industriais é o componente chave da indústria pesada. (FACTORY OD FACTORIES, 2018).</p>
Ferramentas da Informação	<p>Conjunto de ferramentas e recursos tecnológicos que permitem administrar ou armazenar variadas quantidades de informações. Todas as atividades e soluções providas por recursos de computação/comunicação que visam à produção, o</p>

	armazenamento, a transmissão, o acesso, a segurança e o uso das informações. (MEDEIROS, S. T. M, 2015).
Requisitos de Mão de Obra	Parâmetros mínimos para qualificação e avaliação de habilidades da mão de obra. (LAVEZO, M., 2014).
Recursos Humanos	Recursos Humanos é um departamento da organização que tem como função principal estabelecer o sistema que rege as relações entre os colaboradores e a empresa. (GAZAL, D. M., 2018).

Fonte: Autoria Própria.

3.2.2 Definição dos Níveis de Maturidade

As análises dos atributos, critérios e subcritérios estipulados foi realizada a partir de três níveis de maturidade (por uma questão de simplificação) definidos na Tabela 4, que representarão o panorama no qual a empresa se encontra em relação a cada critério.

Definiu-se então o que cada um destes níveis representa, sendo o nível 1 aquele mais fraco, no qual a empresa apresenta pouco ou nenhum desenvolvimento dos atributos definidos, o nível 2 aquele intermediário e a indústria já busca adequar-se aos padrões esperados, apresentando possibilidades de melhoria, sendo então o nível 3 aquele mais forte, onde os padrões são seguidos rigorosamente.

Tabela 4 – Definição dos níveis de maturidade

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3
Padronização definida, mas não aplicada; Identificação ocasional de intervenção; Designação de uma pessoa responsável para energia; Definição de políticas e campanha de conscientização.	Padronização definida e em uso; Progresso significativo (alvos compartilhados); Abordagem do projeto em uso; Organização do projeto;	Altamente avançado; Sistema de Gerenciamento de Energia em uso; Melhorado, estabilizado e em uso; Alinhamento Completo;

(INTRONA, V. CESAROTTI, V. BENEDETTI, M., BIAGIOTTI, S., ROTUNNO, R., 2014)	(INTRONA, V. CESAROTTI, V. BENEDETTI, M., BIAGIOTTI, S., ROTUNNO, R., 2014)	(INTRONA, V. CESAROTTI, V. BENEDETTI, M., BIAGIOTTI, S., ROTUNNO, R., 2014)
---	---	---

Fonte: Autoria Própria.

3.3 MÉTODO AHP

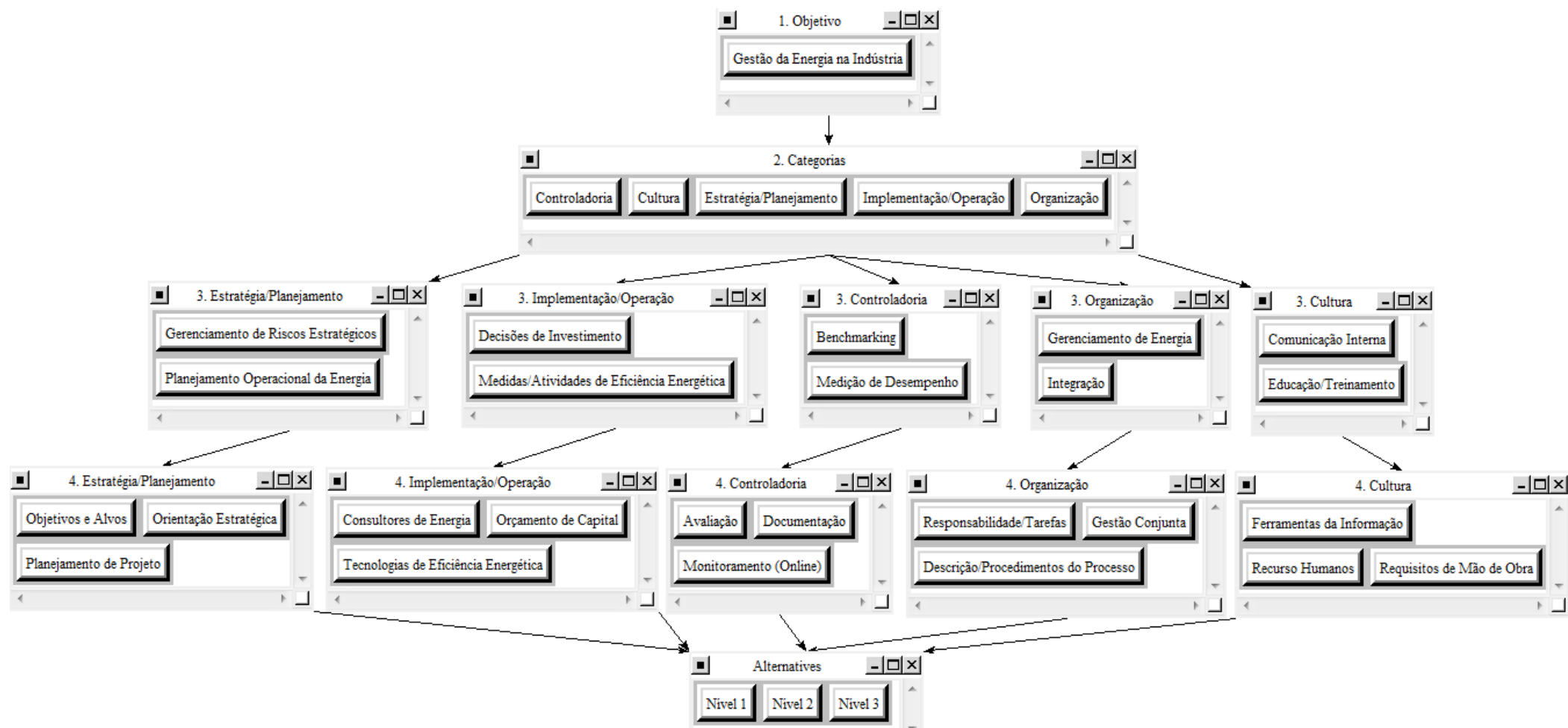
3.3.1 Modelagem do Método

O mapa conceitual apresentado na Figura 12 forneceu informações fundamentais para dar início a um modelo de maturidade de gestão energética, baseando-se também na ISO 50001.

A partir dos dados colhidos com um dos responsáveis pelas áreas de automação e manutenção da empresa automobilística e por meio do método de tomada de decisão *Analytic Hierarchy Process* (AHP), através do programa *Super Decisions*, realizou-se a *Pairwise Comparison* entre os atributos analisados.

A hierarquia da gestão da energia na indústria deu-se conforme a Figura 13.

Figura 13 – Estrutura Hierárquica do AHP



Fonte: Autoria Própria.

O primeiro *cluster* da hierarquia representa a gestão da energia na indústria, propriamente dito. A seguir, um nível abaixo, abordam-se as frentes Estratégia/Planejamento, Implementação/Operação, Controladoria, Organização e Cultura, que são comparadas entre si de acordo com seu grau de impacto no gerenciamento energético. A partir deste *cluster* são realizadas as análises comparativas par a par, de acordo com a relevância destes subcritérios dentro do *cluster* precedente e por fim seus subcritérios também são comparados par a par de acordo com seu nível de desenvolvimento.

No último *cluster* estão os níveis de maturidade.

3.4 MÉTODO PROMETHEE

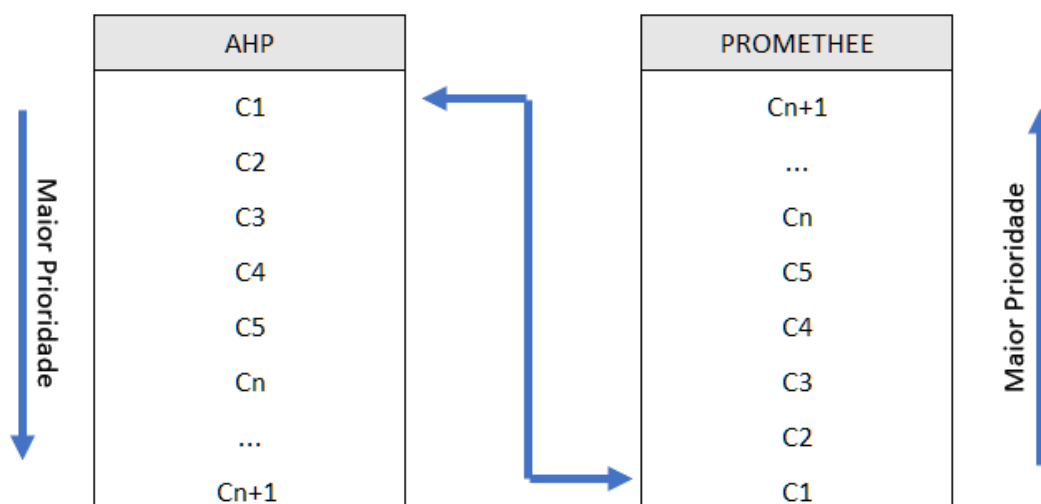
3.4.1 Modelagem do Método

A partir dos resultados obtidos na análise do método AHP, um segundo método de decisão multicritério será utilizado a fim de apresentar uma análise decisional da empresa. O método PROMETHEE, aplicado por meio do *software* Visual PROMETHEE, tem por objetivo apresentar uma análise que permita apontar oportunidades de melhora e desenvolvimento destes atributos.

O resultado do nível de maturidade será disposto no *software* com peso contrário ao apresentado pelo método AHP, ou seja, aquele com menor nível de maturidade será o que apresenta maior peso por se tratar do que representa maior possibilidade de desenvolvimento. Da mesma maneira, aquele com maior nível de maturidade será o que apresenta menor peso por representar maior maturidade. Este processo é representado pela Figura 14.

A fórmula define-se por $P = 1 - X$, onde P é o novo peso para o subcritério e X o nível de maturidade apresentado pelo método anterior.

Figura 14 – Esquema de pesos entre o método AHP e o método PROMETHEE



Fonte: Autoria Própria.

3.4.2 Definição dos Parâmetros

A definição dos parâmetros deu-se de acordo com os pesos dos subcritérios atribuídos pelo método AHP, porém com os pesos invertidos, para que fossem evidenciadas as oportunidades de amadurecimento daqueles menos desenvolvidos pela empresa. Uma nova escala foi gerada especificamente para aplicação destes resultados.

Os valores encontrados para os níveis de maturidade, presentes na Figura 15, são provenientes do *software* AHP e seu valor final deu-se pela multiplicação em cascata dos pesos que cada critério apresentou dentro do seu cluster. A partir deste resultado, utilizou-se a fórmula $P = 1 - X$, onde P é o novo peso para o subcritério e X o nível de maturidade apresentado.

A matriz de avaliação, apresentada na Figura 16, foi preenchida em suas colunas e linhas, respectivamente, pelos critérios utilizados no método AHP, e por seus habilitadores tecnológicos, capazes de aumentar sua colocação quanto ao nível de maturidade perante os pilares da Indústria 4.0 da empresa automotiva em questão. Na imagem também são identificados o local onde os pesos foram estipulados.

Figura 15 – Esquema de pesos entre o método AHP e o método PROMETHEE invertido

						Total	Total Invertido
Responsabilidade/Tarefas	0,75	Integração	0,33	Organização	0,31	0,0767	0,9233
Descrição do Processo	0,25	Integração	0,33	Organização	0,31	0,0256	0,9744
Gestão Conjunta	1	Gerenciamento de Energia	0,67	Organização	0,31	0,2077	0,7923
Consultores de Energia	0,2	Decisões de Investimento	0,25	Implementação/Operação	0,17	0,0085	0,9915
Orçamento de Capital	0,8	Decisões de Investimento	0,25	Implementação/Operação	0,17	0,0340	0,9660
Tecnologias de Eficiência Energética	1	Medidas/Atividades de Eficiência Energética	0,75	Implementação/Operação	0,17	0,1275	0,8725
Objetivos e Alvos	0,25	Planejamento Operacional de Energia	0,5	Estratégia/Planejamento	0,31	0,0388	0,9613
Planejamento de Projeto	0,75	Planejamento Operacional de Energia	0,5	Estratégia/Planejamento	0,31	0,1163	0,8838
Orientação Estratégica	1	Gerenciamento de Riscos Estratégicos	0,5	Estratégia/Planejamento	0,31	0,1550	0,8450
Ferramentas de Informação	0,75	Educação/Treinamento	0,33	Cultura	0,06	0,0149	0,9852
Requisitos de Mão de Obra	0,25	Educação/Treinamento	0,33	Cultura	0,06	0,0050	0,9951
Recursos Humanos	1	Comunicação Interna	0,67	Cultura	0,06	0,0402	0,9598
Documentação	0,2	Medição de Desempenho	0,75	Controladoria	0,15	0,0225	0,9775
Monitoramento	0,8	Medição de Desempenho	0,75	Controladoria	0,15	0,0900	0,9100
Avaliação	1	Benchmarking	0,25	Controladoria	0,15	0,0375	0,9625

Fonte: Autoria Própria.

Figura 16 – Estrutura do método para o nível de Gestão de Energia na empresa

Gestão Energética	Documentação	Monitoramento	Avaliação	Ferramentas...	Requisitos d...	Recursos Hu...	Objetivos e ...	Planejament...	Orientação E...	Consultores ...	Orçamento d...	Tecnologias ...	Responsabili...	Descrição do...	Gestão Conj...
Unit	y/n	y/n	y/n	y/n	y/n	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences															
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	0,98	0,91	0,96	0,99	1,00	0,96	0,96	0,88	0,84	0,99	0,97	0,87	0,92	0,97	0,79
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
- P: Preference	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics															
Minimum	3,00	6,00	3,00	6,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	6,00	3,00
Maximum	3,00	6,00	6,00	9,00	6,00	6,00	9,00	6,00	9,00	6,00	9,00	9,00	9,00	9,00	6,00
Average	3,00	6,00	4,00	6,86	4,29	3,86	4,50	4,00	4,20	3,67	5,67	5,33	5,10	7,00	3,90
Standard Dev.	0,00	0,00	1,41	1,36	1,48	1,36	2,60	1,41	1,99	1,25	2,21	2,75	2,70	1,41	1,37
Evaluations															
Computação e CI	Nível 1	Nível 2	Nível 2	Nível 2	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 1
Plataformas e Do...	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 1
Fluxos Financeiros	Nível 1	Nível 2	Nível 1	n/a	n/a	n/a	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2	Nível 1
Cyber Security	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 1	Nível 3	Nível 2	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 1	Nível 3	Nível 1
Robótica e Siste...	n/a	Nível 2	Nível 1	n/a	n/a	n/a	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 1
Big Data/Analytics	n/a	Nível 2	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2	Nível 2	Nível 1
IoT	n/a	Nível 2	Nível 2	Nível 3	Nível 2	Nível 2	Nível 3	Nível 2	Nível 2	Nível 2	Nível 3	Nível 3	Nível 3	Nível 3	Nível 2
Fabricação Aditiv...	n/a	Nível 2	Nível 1	n/a	n/a	n/a	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 1
Mobile	Nível 1	Nível 2	Nível 2	Nível 3	Nível 2	Nível 2	n/a	Nível 2	Nível 2	Nível 2	Nível 3	Nível 3	Nível 3	Nível 3	Nível 2
Communitys	n/a	n/a	n/a	Nível 2	Nível 2	Nível 1	n/a	n/a	Nível 3	n/a	n/a	n/a	Nível 3	n/a	Nível 2

Fonte: Autoria Própria.

4 RESULTADOS

Este capítulo é destinado à exibição dos resultados parciais do uso de cada um dos métodos.

Visando a compreensão da arquitetura apresentada na Figura 13, faz-se necessária a abordagem dos resultados prévios do método AHP. Dessa maneira, os resultados conclusivos fornecidos pelo método PROMETHEE são derivados daqueles obtidos pelo método AHP.

4.1 RESULTADOS AHP

Por meio do questionário presente no Anexo A, o especialista forneceu os pesos para os critérios dentro do cenário da gestão energética. Estes valores então foram aplicados no *software Super Decision*, uma vez que o método AHP se apresenta como uma ferramenta de análise para lidar com decisões complexas, que possibilita o decisor estabelecer prioridades para fazer a melhor escolha (Saaty, 1980).

Dessa maneira por meio de *Pairwise comparison* entre os requisitos apresentados, fez se factível uma análise diagnóstica do nível de maturidade da indústria, objeto de estudo, quanto à gestão energética.

De acordo com a escala de Saaty, o especialista definiu quais critérios, empregados pela empresa, são mais bem atendidos perante uma análise diagnóstica por meio das comparações par a par, para cada cluster. Desta maneira definiu-se um atributo de destaque em cada uma das perspectivas analisadas da empresa em questão.

De maneira geral, as perspectivas que mais se destacaram na análise diagnóstica relacional, perante o gerenciamento de energia, são a de Estratégia e Planejamento, com 30,36%, seguida pela de Organização, representando 26,39%, e pela perspectiva de Controladoria, com 20%.

Figura 17 – Resultados da comparação par a par entre os setores da empresa

3. Results		
Normal		Hybrid
Inconsistency: 0.00954		
3. Contro~		0.19996
3. Cultura		0.09848
3. Estrat~		0.30359
3. Implem~		0.13403
3. Organi~		0.26394

Fonte: Autoria Própria.

Não atendo-se somente à *Pairwise Comparison* entre as perspectivas, em seguida foi realizada a análise da avaliação diagnóstica relacional para cada um dos subcritérios dentro da indústria objeto de estudo. Na Figura 18 têm-se o resultado geral, onde o Nível 1 detêm 46,11%, o Nível 2 34,55% e o Nível 3 19,33%.

Figura 18 – Nível de maturidade da empresa automobilística

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network
Super Decisions Main Window: Ind 4.0.sdmod

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Nível 1		1.000000	0.461132	0.115283
Nível 2		0.749330	0.345540	0.086385
Nível 3		0.419245	0.193327	0.048332

Fonte: Autoria Própria.

Através destes resultados conclui-se que a empresa em questão se encontra no Nível 1, nível básico de maturidade, mostrando-se despreparada perante a gestão energética, considerando as dimensões analisadas.

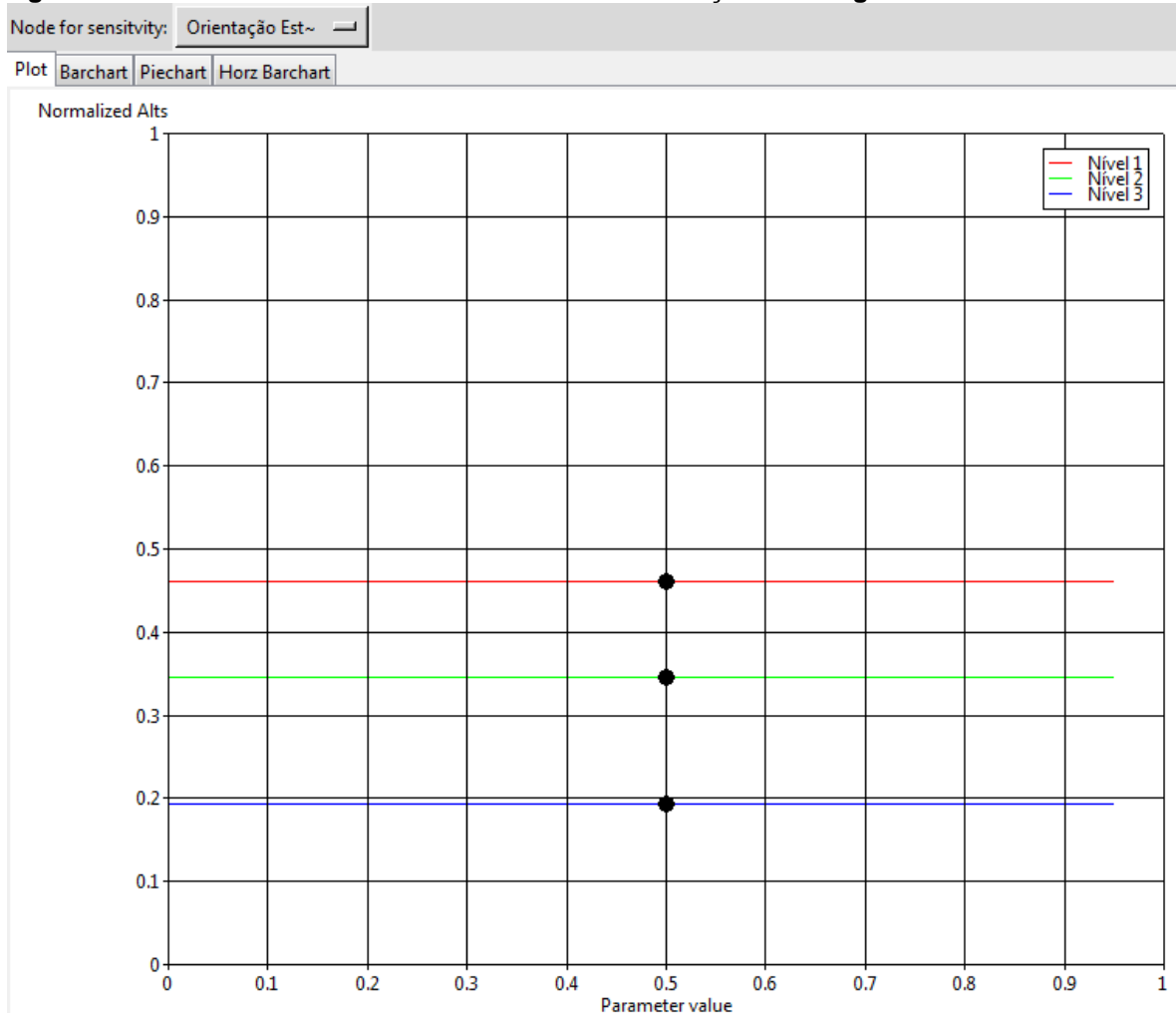
4.1.1 Análise de Sensibilidade

Objetivando a observação do desempenho no âmbito dos níveis de maturidade, a partir de modificações nos *input*, realizou-se a análise de sensibilidade. Basicamente o objetivo desta análise é apresentar quais critérios podem promover uma mudança no nível de maturidade da empresa. Dessa maneira, consideraram-se os critérios de maior nível de maturidade nos três setores que se

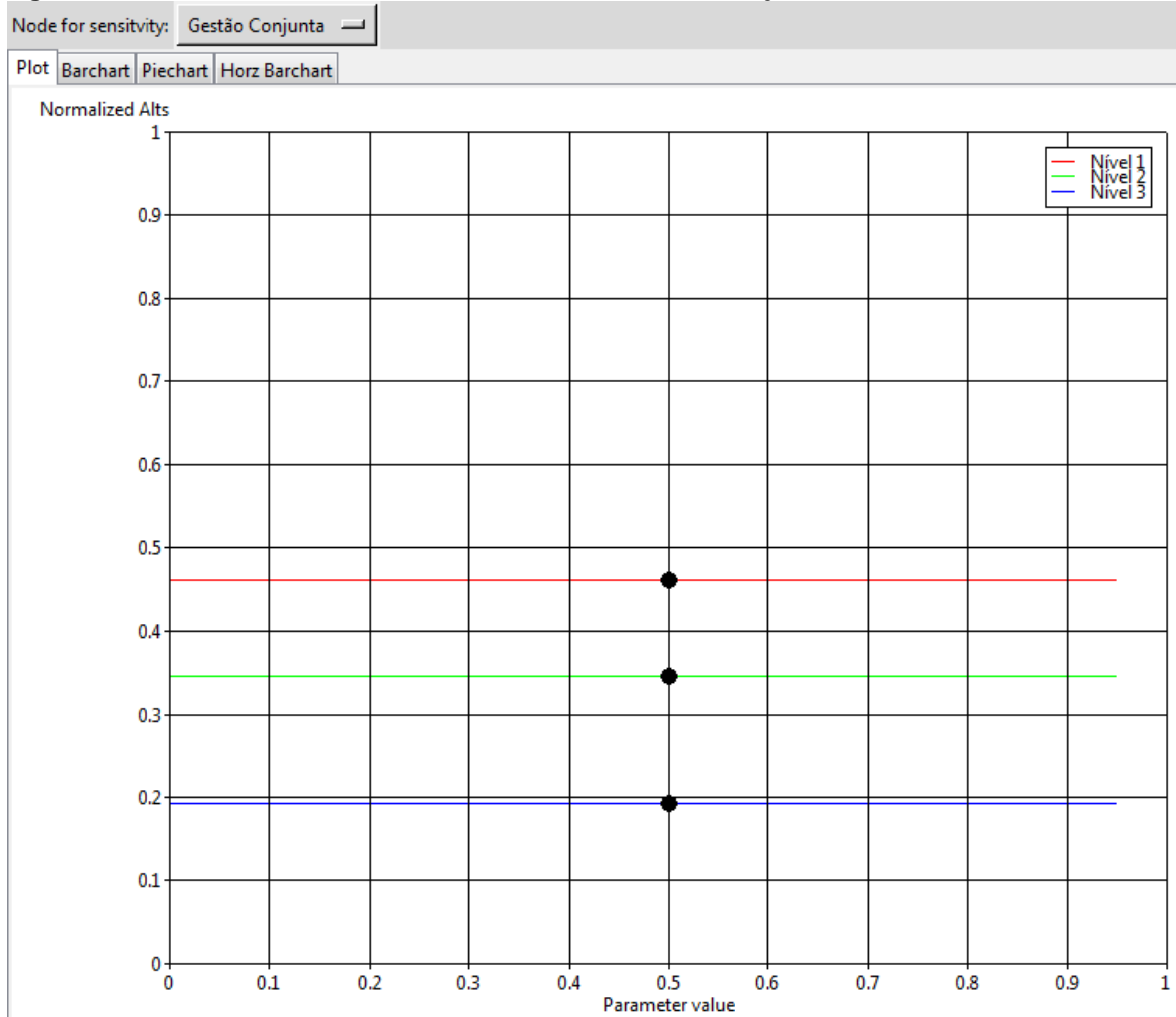
apresentam mais maduros no gerenciamento de energia: Orientação Estratégica (Estratégia e Planejamento), Gestão Conjunta (Organização) e Monitoramento (Controladoria).

Ao analisar as Figuras 19, 20 e 21, conclui-se que para os setores de Estratégia e Planejamento, Organização e Controladoria, os critérios melhores colocados quanto ao nível de maturidade apresentam ínfimas alterações quando submetidos à análise de sensibilidade. Em outras palavras, é possível ser verificado que para os critérios analisados, independentemente dos pesos atribuídos aos seus subcritérios, sua classificação final mantém-se no nível 1.

Figura 19 – Análise de Sensibilidade do atributo Orientação Estratégica

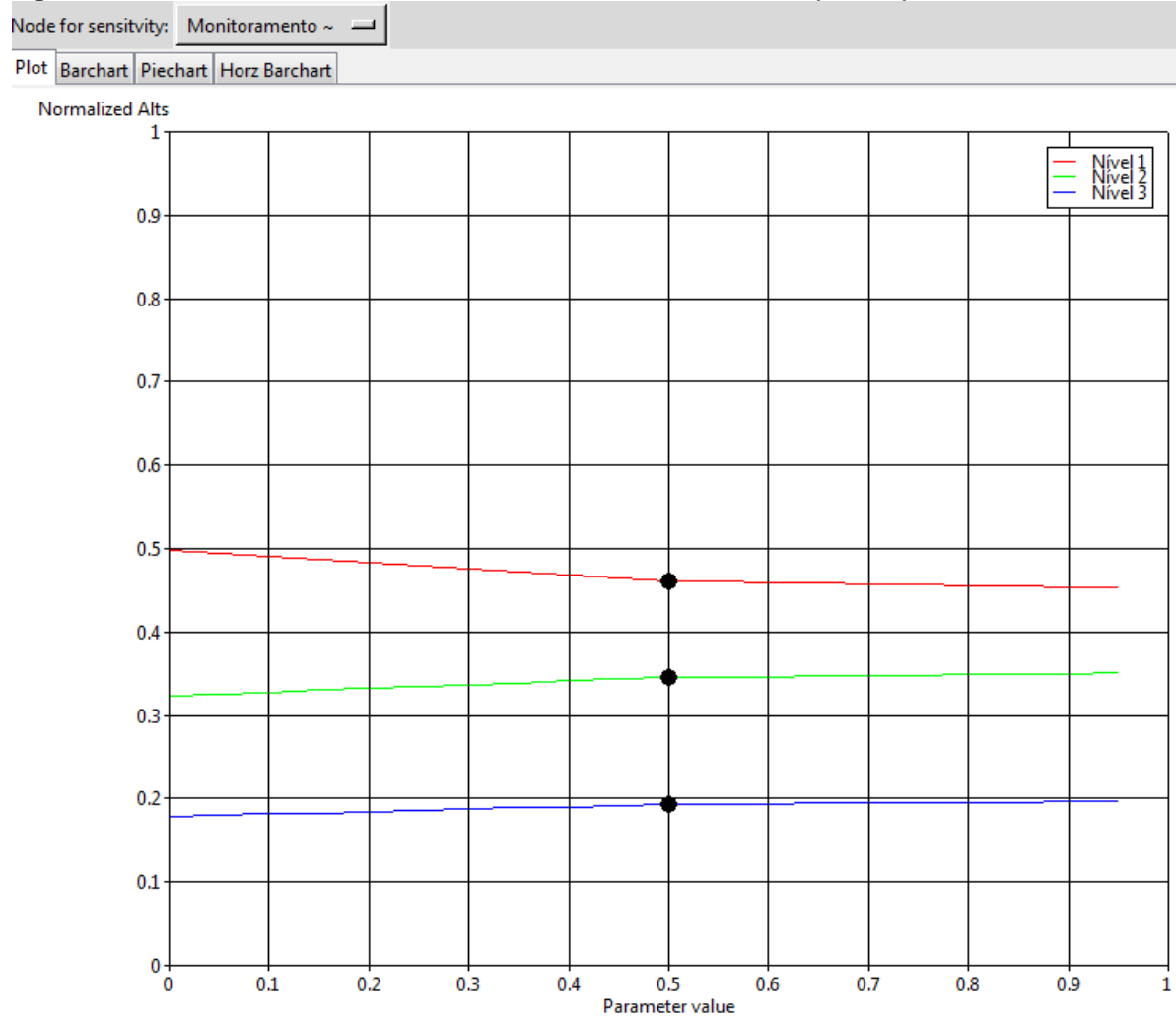


Fonte: Autoria Própria.

Figura 20 – Análise de Sensibilidade do atributo Gestão Conjunta

Fonte: Autoria Própria.

Figura 21 – Análise de Sensibilidade do atributo Monitoramento (Online)



Fonte: Autoria Própria.

4.2 RESULTADOS PROMETHEE

A partir da utilização do software Visual PROMETHEE, foi possível identificar os habilitadores tecnológicos capazes de aumentar o nível de maturidade da empresa automotiva em questão, relacionando seus atributos com os pilares da Indústria 4.0.

O PROMETHEE também compara as alternativas em relação par a par com intuito de indicar o desempenho de cada uma para um determinado critério (BRANS, 1985).

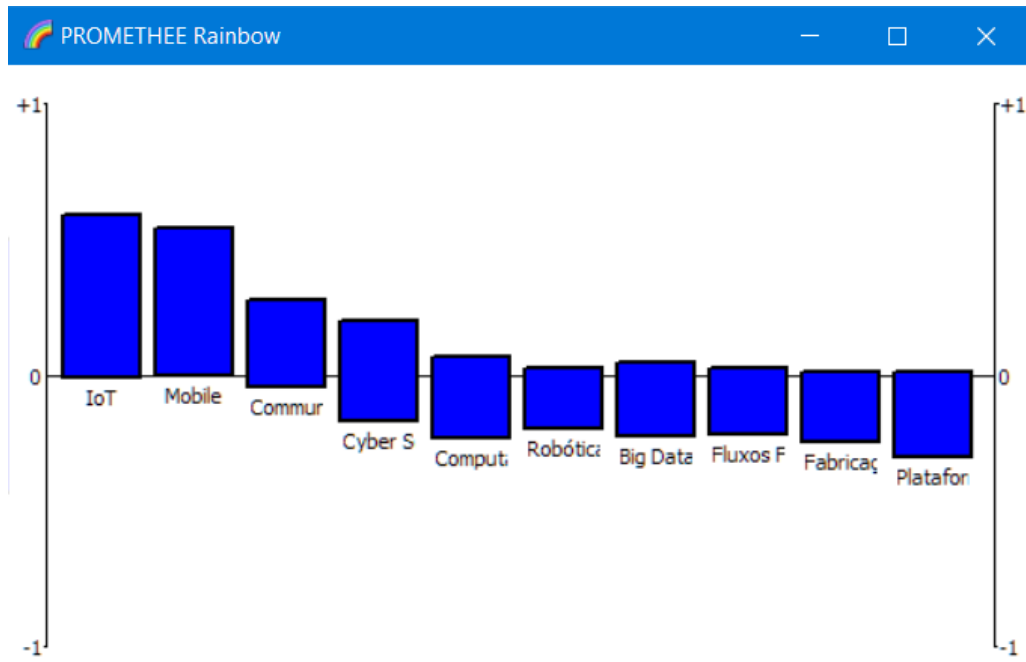
As Figuras 22, 23 e 24 apresentam os resultados obtidos pelo método PROMETHEE.

Figura 22 – Valores com ϕ são considerados os que desempenham boa função

PROMETHEE Flow Table					
Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	IoT	<input type="checkbox"/>	0,5747	0,5814	0,0067
2	Mobile	<input type="checkbox"/>	0,5289	0,5356	0,0067
3	Communitys	<input type="checkbox"/>	0,2196	0,2581	0,0385
4	Cyber Security	<input type="checkbox"/>	0,0220	0,1988	0,1768
5	Computação e Cloud	<input type="checkbox"/>	-0,1723	0,0688	0,2411
6	Robótica e Sistemas	<input type="checkbox"/>	-0,1865	0,0230	0,2095
7	Big Data/Analytics	<input type="checkbox"/>	-0,1898	0,0670	0,2567
8	Fluxos Financeiros	<input type="checkbox"/>	-0,1986	0,0346	0,2332
9	Fabricação Aditiva	<input type="checkbox"/>	-0,2401	0,0000	0,2401
10	Plataformas e	<input type="checkbox"/>	-0,2947	0,0000	0,2947

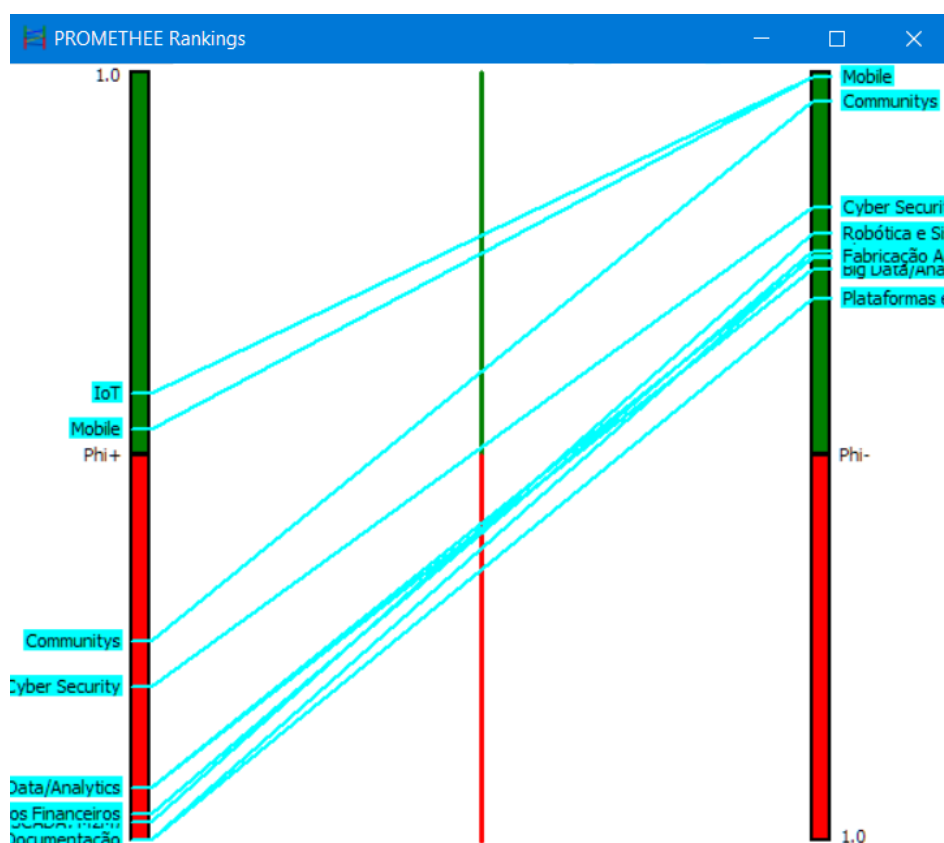
Fonte: Autoria Própria.

Figura 23 – Habilitadores Tecnológicos capazes de aumentar o nível de maturidade da empresa



Fonte: Autoria Própria.

Figura 24 – Habilitadores Tecnológicos capazes de aumentar o nível de maturidade da empresa



Fonte: Autoria Própria.

Identificou-se, para este caso, que os habilitadores tecnológicos “IoT” e “Mobile” são os que mais contribuirão para o desenvolvimento da gestão de energia com base nos pilares da Indústria 4.0.

O conceito de IoT juntamente com o advento das aplicações em nuvem proporcionam a fácil conexão e comunicação com qualquer dispositivo integrado à sua automação residencial. Segundo Diniz (2006). Em sua essência a Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), nada mais é do que um ambiente que reúne informações de vários dispositivos através de uma conexão com a internet (GRUMAN, 2014).

No âmbito de gestão de energia, dentre as várias ramificações possíveis, uma alternativa para o uso de tal seguimento, é a medição do consumo de energia elétrica de um determinado equipamento ou setor. Esse valor é então enviado para

um banco de dados formado por planilhas, sendo possível realizar o acionamento/controlado remoto de um ou mais equipamentos cuja conexão com a rede elétrica ele faz intermédio, possibilitando seu emprego em diversos trabalhos aos quais se tenha interesse no acionamento e monitoramento de equipamentos via rede *Wifi*.

Já o conceito de “Mobile” se baseia no desenvolvimento de aplicações e recurso em nuvem, o que promove maior flexibilidade às empresas em trabalharem seus dados empresariais com funcionalidades que não dependem exclusivamente dos desktops, combinando diversas tecnologias de acesso remoto. Essa tecnologia, dentre outras funcionalidades, permite que sejam aplicadas diferentes políticas para diferentes aplicativos, tipos de usuários e cenários relacionados à mobilidade, além de garantir um alto nível de segurança no acesso. Dentre outros fatores, a aplicação deste habilitador tecnológico garante melhora na comunicação, otimização do tempo de análise, redução de custos energéticos, aumento da produtividade e na qualidade dos resultados provenientes de tarefas rotineiras.

No âmbito da gestão energética, pode ser aplicada no controle pontual de determinados processos ou máquinas, garantindo a mobilidade e facilidade de acesso para o operador que possuir o acesso liberado.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo apresentar uma análise sobre o nível de maturidade de uma indústria automobilística de grande porte, no âmbito da gestão energética pela ISO 50001 versus os pilares da Indústria 4.0, evidenciando as oportunidades de desenvolvimento nos pilares com menor grau de maturidade.

Seu estudo iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica do tema, fazendo o levantamento pertinente de todos os tópicos relacionados Gestão Energética (GE) com foco em sua avaliação e domínio da Indústria 4.0.

Seguiu-se a análise para a escolha do método MCDM/A mais apropriado para a avaliação no contexto de GE na Indústria 4.0, onde ficou decidida a aplicação de dois métodos, o AHP e o PROMETHEE. Para a análise de maturidade, foi utilizado o método AHP e, e para o prognóstico, a partir dos resultados diagnósticos, o PROMETHEE. Ainda com base na literatura, um questionário baseado no método AHP foi aplicado em um especialista para obtenção de resultados concretos sobre o tema abordado.

Com base na comparação dos dois métodos estudados foi possível realizar algumas conclusões. Verificou-se que para uma obtenção de maior nível de maturidade no âmbito de gestão energética, os habilitadores tecnológicos “IoT” e “Mobile”, necessitam ter uma melhor aplicação na empresa, de acordo com o software PROMETHEE.

Portanto, a partir destas análises, sugere-se o estudo por parte da empresa visando os habilitadores tecnológicos mencionados com intuito de otimizar e modernizar seus processos, tornando o uso de energia cada vez mais eficiente.

Para futuros trabalhos, aconselha-se utilizar os pontos levantados neste estudo e aplica-los, a partir dos métodos AHP e PROMETHEE, para obtenção do nível de maturidade de cada setor específico da empresa, a fim de obter estudos mais aprofundados e verificar se houve melhorias do cenário atual identificado.

REFERÊNCIAS

ABESCO. **Potencial de Eficiência energética no Brasil 2008 – 2016**. 2017. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/novidade/potencial-de-eficiencia-energetica-no-brasil-2008-2016/>>. Acesso em: 12/05/2018

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 547 de 16 de abril de 2013**. Disponível em: <<http://aneel.gov.br/cedoc/ren2013547.pdf>>. Acesso em: 13/05/2018.

AGUIAR, Afrônio Carvalho. **Informação e atividades de desenvolvimento científico, tecnológico e industrial: tipologia proposta com base em análise funcional**. 1991. Ci. Inf., Brasília, v. 20, n. 1, p. 7-15, jan./jun. 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 50001: Sistemas de Gestão da Energia – Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2011.

BELTON, Valerie; STEWART, Theodor. **Multiple Criteria Decision Analysis – An Integrated Approach**. Segunda Edição. Reino Unido. Kluwer Academic Publishers, 2002.

BRAND ME CONSULTORIA. **Opções Estratégicas e Planejamento Estratégico**. 2018. Disponível em: <<https://www.brandme.com.br/opcoes-estrategicas-planejamentoestrategico/>>. Acesso em: 28/10/2018.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. PROMETHEE methods. In: **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. Springer New York, 2005.

BRANS, J. P.; VINCKE, Ph. Note—**A Preference Ranking Organization Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making)**. Management science, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.

BRASIL. **Decreto nº 8540 de 09 de outubro de 2015**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v. 42, n. 195, p.1-2, 13 out 2015. Seção 1.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas diretrizes**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

CAPGEMINI CONSULTING. **Industry 4.0 – The Capgemini Consulting View**. Capgemini, 2014. Disponível em: < https://www.capgemini.com/consulting-nl/wp-content/uploads/sites/33/2017/08/industrie_4.0_0.pdf>. Acesso em: 20 fev 2018.

CORREIA, João Carlos. **Impactos da indústria automobilística nas cidades do Estado de São Paulo e suas transformações em função do processo industrial**. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CUNHA, L. **Gerenciamento de Energia no Brasil**. Edição 53 - julho de 2010. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/gerenciamento-de-energia-no-brasil/>>. Acesso em: 28/10/2018.

ELIAS, B. **O que é Comunicação Interna?** 2017. Disponível em: <<https://marketingdeconteudo.com/comunicacao-interna/>> Acesso em: 28/10/2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional de 2017**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 13/05/2018.

FACTORY OD FACTORIES - International Program. - **Informações e Tendências - Processos Industriais**. 2018. Disponível em: <http://www.factoryoffactories.com/fof_br/process_br.htm>. Acesso em: 27/10/2018.

FLEVY. **Continuous improvement 101 the deeming cycle PDCA**. TANG, David. 2016. Disponível em: <<https://flevy.com/blog/continuous-improvement-101-the-deming-cycle-pdca/>>. Acesso em: 12/05/2018.

FREITAS, Izabelle C. H. de. **Comparação de Métodos de Avaliação Multicritério para a Análise de Interoperabilidade no Âmbito de Health Care**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção. Pontifícia Universidade Católica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

GAZAL, D. M. **Definição Recursos Humanos**. Portal da Educação. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/educacao/o-que-e-recursos-humanos/14323>>. Acesso em: 27/10/2018.

GIL, Antônio C.; **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 175 p.

GONÇALVES, Fabrício M.P. **Análise Organizacional dos Requisitos da Indústria 4.0 com base Métodos Multicritério**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

GORDINHO, Margarida Cintra. **Transportes no Brasil: a opção rodoviária**. São Paulo: Marca D'água, 2003.

INTRONA, V. CESAROTTI, V. BENEDETTI, M., BIAGIOTTI, S., ROTUNNO, R. **Energy Management Maturity Model: an organizational tool to duster the continuous reduction of energy consumption in companies**. Journal of Cleaner Production. Jan/jul, Italy, 2014.

LAVEZO, M. **O Conceito de mão de obra e a necessidade de retenção da contribuição previdenciária**. 2014. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/30522/o-conceito-de-cessao-de-mao-de-obra-e-a-necessidade-de-retencao-da-contribuicao-previdenciaria>>. Acesso em: 27/10/2018.

LEMES Jr., BARBOSA A., RIGO, MIESSA C., SZABO A. P. M. **Administração Financeira – Princípios, Fundamentos e Práticas Brasileiras**. 1ª ed. Editora Campus. 2002, cap 6

LIAO, Y.; et al. A novel approach for ontological representation of analytic hierarchy process. **Advanced Materials Research**, 2014.

LYDON, B. **Industry 4.0: Intelligent and flexible production: Digitization improves manufacturing responsiveness, quality and efficiency**. Revista: InTech Magazine. Disponível em: <https://www.isa.org/intech/20160601/>. Acesso em: 22 fev 2018

MARCONDES, J. S. **Planejamento, Plano e Projeto: Conceitos, Diferença, Relações.** 2016. Disponível em:

<<https://www.gestaodesegurancaprivada.com.br/planejamento-plano-e-projeto-conceitos/>>. Acesso em: 27/10/2018.

MARQUES, J. R. **Como funciona o planejamento Operacional de uma empresa.**

2018. Disponível em: <<https://www.ibccoaching.com.br/portal/confira-como-funciona-um-planejamento-operacional-de-uma-empresa/>>. Acesso em: 28/10/2018.

MEDEIROS, S. T. M. - **Ferramentas de Tecnologia da Informação e comunicação como suporte às Atividades.** 2015. Management and Administrative

Professional Review. Disponível em: <<https://www.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/328/0>>. Acesso em: 27/10/2018.

MELO, Hildete P. de e CAPUTO, Ana C. **A industrialização brasileira nos anos de 1950: uma análise da instrução 113 da SUMOC.** Estudos Econômicos, São Paulo. V. 39, p.513-538, julho-setembro, 2009.

MELO, Victor Andrade de. **O automóvel, o automobilismo e a modernidade no Brasil (1891-1908).** Revista Brasileira Ciência Esporte, Campinas, v. 30, n. 1, p. 187-203, set. 2008.

NASCIMENTO, Marcio S. **Implantação e Evolução da Indústria Automobilística no Brasil.** Revista Tocantinense de Geografia, Araguaína (TO), Ano 05, n.07, janeiro-julho de 2016.

NUNES, P. **Benchmarking.** Janeiro de 2015. Disponível em: <<http://knoow.net/cienceconempr/gestao/benchmarking/>>. Acesso em: 28/10/2018.

PIMENTA, Luiz José. **A crise na rede concessionárias de automóvel no Brasil.** 157f. Dissertação (Mestrado), Universidade Salvador, Salvador, BA, Brasil, 2002.

PINTO, H. - **Gestão Conjunta de compras e custos é fator decisivo para o sucesso Empresarial.** IETEC - Instituto de Educação Tecnológica. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1589>. Acesso em: 27/10/2018.

PUGGINA, W. A. **Contribuição para a Análise das Transformações Recentes na Agricultura Brasileira**. Rio de Janeiro, jan/mar. 1981. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v21n1/v21n1a09.pdf>>. Acesso em 28/10/2018.

RICHERS, R. **Objetivos como razão de ser da Empresa**. - jun/set 1980. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v20n3/v20n3a01>>. Acesso em: 28/10/2018.

ROBLEK, V.; et al. A Complex View of Industry 4.0. **Sage Open**, p. 1 – 11, fev. 2018.

ROMANO, M. **Entenda tudo sobre a integração na indústria 4.0 e conheça as integrações horizontal e vertical**. 2017. Disponível em: <<http://www.logiquesistemas.com.br/blog/integracao-na-industria-40/>>. Acesso em: 28/10/2018.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process – what it is and how it is used**. Mathematical Modeling, 1987.

SAATY, T. L. **How to make a decision: the analytic hierarchy process**. European Journal of Operational Research, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.

SANEPAR. **Políticas de Gerenciamento de Riscos Estratégicos**. Companhia de Saneamento do Paraná. Disponível em: <<https://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/investidoresarquivos/politicadegerenciamentoderiscosaposca.pdf>>. Acesso em 28/10/2018.

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. Germany. Mai/jun 2015.

SENAI. **Consultoria em Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.senaipr.org.br/para-empresas/consultoria-em-eficiencia-energetica-3-9861-279395.shtml>>. Acesso em: 27/10/2018.

SINK, D. S., TUTTLE, T. C. **Planejamento e medição para a performance**. Trad. Elenice Mazzili e Lúcia Faria Silva. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1993.

TANUS, G. F. S., RENAU, L. V., ARAÚJO, C. A. A. - **O Conceito de Documento em Arquivologia, Biblioteconomia e Museologia**. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*. São Paulo. Jul/dez 2012. Disponível em: <<https://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/220/234>>. Acesso em 28/10/2018.

TESSER, Bruno R. **Avaliação da Indústria 4.0 em uma Empresa do Setor Madeireiro Moveleiro Através de Método Multicritério de Apoio à Tomada de Decisões**. 2017, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2017.

VARGAS, Ricardo. **Utilizando a Programação Multicritério (AHP) para selecionar e priorizar projetos na Gestão de Portfólio**. PMI Global Congress, Washington - EUA, 2010.

VENÂNCIO, André L. A. C. BREZINSKI, Guilherme L. **Sistema de Avaliação de Maturidade Industrial Baseando-se nos Conceitos da Indústria 4.0**. 2017, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

VENTURELLI, Marcio. Indústria 4.0: **Uma Visão da Automação Industrial**. *Revista Automação Industrial*, 2017. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 10/06/2018.

VIEIRA FILHO, G. (2010). **Gestão da Qualidade Total: Uma abordagem prática**. 3. ed. Campinas: Alínea.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. Londres: John Wiley & Sons, 1992.

XU, Ling; YANG, Jian-Bo. **Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach**. University of anchester Institute of Science and Technology, Working Paper, 2001.

ZANIN, A.; SOUZA, S. N. M; KOLLING, E. M; SORDI, A. **Perfil do consumo de energia elétrica no abate de frangos de corte - Estudo de caso**. Encontro de energia no meio rural, 2002.

ANEXO A - QUESTIONÁRIO

A comparação entre os atributos deve ser realizada através da escala de 1 a 9 onde:

- 1 – é igualmente relevante/desenvolvido
- 2 – é de igualmente a moderadamente mais relevante/desenvolvido
- 3 – é moderadamente mais relevante/desenvolvido
- 4 – é moderadamente a fortemente mais relevante/desenvolvido
- 5 – é fortemente mais relevante/desenvolvido
- 6 – é fortemente a muito fortemente mais relevante/desenvolvido
- 7 – é muito fortemente mais relevante/desenvolvido
- 8 – é muito fortemente a extremamente mais relevante/desenvolvido
- 9 – é extremamente mais relevante/desenvolvido

No exemplo hipotético a seguir, é certo dizer que Organização é muito fortemente mais relevante que Controladoria.

Organização 9 8 **7** 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Controladoria

Já neste exemplo é certo dizer que Implementação/Operação é moderadamente mais relevante que Estratégia/Planejamento.

Estratégia/
Planejamento 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 **3** 4 5 6 7 8 9 Implementação/
Operação

Questionário

De acordo com os conceitos definidos, preencha o questionário a seguir fazendo a comparação entre os critérios de acordo com sua relevância ou grau de desenvolvimento.

1. Gestão da Energia na Indústria Automobilística.

1.1 Análise do grau de relevância entre Controladoria e Cultura.

Controladoria 9 8 7 6 5 4 3 **2** 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Cultura

1.2 Análise do grau de relevância entre Controladoria e Estratégia/Planejamento.

Controladoria 9 8 7 6 5 4 3 2 1 **2** 3 4 5 6 7 8 9 Estratégia/
Planejamento

1.3 Análise do grau de relevância entre Controladoria e Implementação/Operação.

Controladoria 9 8 7 6 5 4 3 2 **1** 2 3 4 5 6 7 8 9 Implementação/
Operação

1.4 Análise do grau de relevância entre Controladoria e Organização.

Controladoria 9 8 7 6 5 4 3 2 1 **2** 3 4 5 6 7 8 9 Organização

1.5 Análise do grau de relevância entre Cultura e Estratégia/Planejamento.

Cultura 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 Estrat3gia/
Planejamento

1.6 An3lise do grau de relev3ncia entre Cultura e Implementa33o/Opera33o.

Cultura 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 **3** 4 5 6 7 8 9 Implementa33o/
Opera33o

1.7 An3lise do grau de relev3ncia entre Cultura e Organiza33o.

Cultura 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 Organiza33o

1.8 An3lise do grau de relev3ncia entre Estrat3gia/Planejamento e
Implementa33o/Opera33o.

Estrat3gia/
Planejamento 9 8 7 6 5 4 3 **2** 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Implementa33o/
Opera33o

1.9 An3lise do grau de relev3ncia entre Estrat3gia/Planejamento e
Organiza33o.

Estrat3gia/
Planejamento 9 8 7 6 5 4 3 2 **1** 2 3 4 5 6 7 8 9 Organiza33o

1.10 An3lise do grau de relev3ncia entre Implementa33o/Opera33o e
Organiza33o.

Implementa33o/
Opera33o 9 8 7 6 5 4 3 2 1 **2** 3 4 5 6 7 8 9 Organiza33o

2. Controladoria.

2.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Benchmarking e Medição de Desempenho.

Benchmarking 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Medição de desempenho

3. Cultura

3.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Comunicação Interna e Educação/Treinamento.

Comunicação Interna 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Educação/Treinamento

4. Estratégia/Planejamento

4.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Gerenciamento de Riscos Estratégicos e Planejamento Operacional.

Gerenciamento de Riscos Estratégicos 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Planejamento Operacional

5. Implementação/Operação

5.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Decisões de Investimento e Medidas/ Atividades de Eficiência Energética.

Decisões de Investimento 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Medidas/ Atividades de Eficiência Energética

6. Organização

6.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Gerenciamento de Energia e Integração.

Gerenciamento de Energia 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Integração

7. Medição de Desempenho na Controladoria

7.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Documentação e Monitoramento (online).

Documentação 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Monitoramento (online)

8. Educação/Treinamento em Cultura

8.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Ferramentas da Informação e Requisitos de Mão de Obra.

Ferramentas da Informação 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Requisitos de Mão de Obra

9. Planejamento Operacional em Estratégia/Planejamento

9.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Objetivos e Alvos e Planejamento de Projeto.

Objetivos e Alvos 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Planejamento de Projeto

10. Decisões de Investimento na Implementação/Operação

10.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Consultores de Energia e Orçamento Capital.

Consultores de Energia 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Orçamento Capital

11. Integração em Organização

11.1 Análise do grau de desenvolvimento entre Descrição/Procedimentos do Processo e Responsabilidade/Tarefa.

Descrição/Procedimentos do Processo 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Responsabilidade/Tarefa

12. Análise dos critérios

	NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL
Avaliação	0,5396	0,2969	0,1634
Documentação	0,6250	0,2385	0,1365
Monitoramento (Online)	0,1958	0,4934	0,3108

Ferramentas da Informação	0,1634	0,5396	0,2969
Recursos Humanos	0,6250	0,2385	0,1365
Requisitos de Mão de Obra	0,5396	0,2969	0,1634
Objetivos e Alvos	0,5396	0,2969	0,1634
Orientação Estratégica	0,5278	0,3325	0,1396
Planejamento de Projeto	0,5000	0,2500	0,2500
Consultores de Energia	0,5584	0,3196	0,1219
Orçamento de Capital	0,2857	0,5714	0,1428
Tecnologias de Eficiência Energética	0,4000	0,4000	0,2000
Descrição/Procedimentos do Processo	0,2969	0,5396	0,1634
Gestão Conjunta	0,4933	0,3108	0,1958
Responsabilidade/Tarefas	0,5396	0,2969	0,1634