

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DIEGO FRANCISCO CARDOSO DE FRANÇA

LUIZ GUSTAVO CARVALHO SILVA

MARCELO VINICIUS VERONA DE FREITAS

**MODELO DIAGNÓSTICO PARA ANÁLISE DE MATURIDADE DA INFORMAÇÃO
EM CADEIA DE SUPRIMENTOS INTELIGENTE**

CURITIBA

2022

DIEGO FRANCISCO CARDOSO DE FRANÇA
LUIZ GUSTAVO CARVALHO SILVA
MARCELO VINICIUS VERONA DE FREITAS

**MODELO DIAGNÓSTICO PARA ANÁLISE DE MATURIDADE DA INFORMAÇÃO
EM CADEIA DE SUPRIMENTOS INTELIGENTE**

Diagnostic Model for Data Maturity Analysis in Smart Supply Chain

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação do curso de Engenharia de Controle e Automação e Bacharel em Engenharia Elétrica do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures

Coorientador: Prof. Me. Guilherme Louro Brezinski

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

DIEGO FRANCISCO CARDOSO DE FRANÇA
LUIZ GUSTAVO CARVALHO SILVA
MARCELO VINICIUS VERONA DE FREITAS

**MODELO DIAGNÓSTICO PARA ANÁLISE DE MATURIDADE DA INFORMAÇÃO
EM CADEIA DE SUPRIMENTOS INTELIGENTE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação do curso de Engenharia de Controle e Automação e Bacharel em Engenharia Elétrica do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22/Novembro/2022

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

Célia Cristina Bojarczuk Fioravanti, Dr^a.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Daniel Balieiro Silva, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA

2022

RESUMO

A cadeia de suprimentos é um processo extenso que envolve a produção, o armazenamento e o transporte de produtos e serviços, ou seja, ela define parte do ciclo de vida de um determinado bem e está em constante interação com seus parceiros de negócio. Essas organizações, por sua vez, possuem estruturas produtivas, organizacionais e tecnológicas distintas e com características que impedem essas interações. Uma cadeia de suprimentos pode ser mais conectada à medida que o processamento de dados e informações sejam claros para todos os tomadores de decisão e por meio deles seja possível justificar as estratégias de investimento e priorização de tecnologias. Identificar o nível de maturidade da interoperabilidade dos dados é um artifício importante para atacar as deficiências e financiar melhorias. Neste trabalho, analisa-se a gestão de dados dentro da cadeia de suprimentos de uma montadora de caminhões, com um novo modelo de análise, denominado DIM2, originado da mescla entre os modelos de maturidade *DMM (Data Maturity Model)* e *DIMM (Data Interoperability Maturity Model)*, isto é, o DIM2 avalia a maturidade de dados com a perspectiva da interoperabilidade, juntamente com os métodos de avaliação multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e *Dematel (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory)*. Os resultados propõem uma base diagnóstica para gestão de dados com base nos métodos multicritérios apresentados.

Palavras-chave: Cadeia de suprimentos, AHP, maturidade de dados, *DMM*, *DIMM*, DIM2.

ABSTRACT

The supply chain is an extensive process that involves the production, storage and transport of products and services, it defines part of the life cycle of a certain product and is in constant interaction with its business partners. These organizations, in turn, have different productive, organizational and technological structures and with characteristics that hinder these interactions. A supply chain can be more connected as data and information processing are clear to all decision makers and through them it is possible to justify investment strategies and technology prioritization. Identifying the maturity level of data is an important way to attach deficits and improvement of the process. In this paper, data management within the supply chain of a truck manufacturer is analyzed, with a new analysis model, called DIM2, originated from the mix between the DMM (Data Maturity Model) and DIMM (Data Interoperability Maturity Model) maturity models. Model), that is, DIM2 evaluates the maturity of data from the perspective of interoperability, together with the multicriteria evaluation methods AHP (Analytic Hierarchy Process) and Dematel (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory). The results propose a diagnostic basis for data management based on the presented multicriteria methods.

Keywords: Supply chain, AHP, data maturity, DMM, DIMM, DIM2.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - <i>Framework</i> Capgemini | 17 |
| Figura 2 - <i>Framework</i> SIRI | 18 |
| Figura 3 - <i>Research Framework</i> | 19 |
| Figura 4 - Modelo <i>DMM</i> | 23 |
| Figura 5 - Níveis de maturidade | 25 |
| Figura 6 - Pilares <i>DIMM</i> | 29 |
| Figura 7 - Estrutura Hierárquica do problema | 34 |
| Figura 8 - Fluxo da fase diagnóstica | 40 |
| Figura 13 - Hierarquia detalhada do <i>AHP</i> no SuperDecisions | 48 |
| Figura 14 - <i>Print screen</i> do menu de comparação do software utilizado..... | 49 |
| Figura 15 - Visualização do resultado pelo software utilizado | 50 |
| Figura 16 - <i>Print screen</i> da matriz de comparação extraída do modelo Excel | 52 |
| Figura 17 - <i>Print screen</i> da matriz resultante do modelo Excel..... | 52 |
| Figura 18 - Comparativo entre critérios influenciadores e influenciados | 53 |
| Figura 19 - Comparativo entre os pesos do critérios no <i>cluster Governance</i> | 55 |
| Figura 20 - Comparativo entre os pesos do critérios no <i>cluster Operations</i> | 55 |
| Figura 21 - Comparativo entre os pesos do critérios no <i>cluster Supporting</i> | 56 |
| Figura 22 - Comparativo entre os pesos do critérios no <i>cluster Legal and Security</i> | 56 |
| Figura 23 - Comparativo entre os critérios e seus níveis resultantes..... | 57 |
| Figura 24 - Análise do índice resultante do método <i>DEMATEL</i> | 58 |
| Figura 25 - Indicativo de influência sobre os critérios analisados | 59 |
| Figura 26 - Comparativo entre níveis resultantes do <i>AHP</i> e o índice resultante do <i>DEMATEL</i> normalizado | 60 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 2 - Visão estruturada <i>DMM</i> , categorias e áreas de processo em inglês e português | 23 |
| Tabela 3 - Objetivos dos pilares <i>DIMM</i> | 25 |
| Tabela 4 - Visão estruturada <i>DIMM</i> , categorias e áreas de processo em inglês e português | 30 |
| Tabela 5 - Objetivos dos pilares <i>DIMM</i> | 30 |
| Tabela 6 - Escala de avaliação do <i>AHP</i> | 34 |
| Tabela 7 - Índice randômico | 35 |
| Tabela 8 - Escala de avaliação da influência entre fatores | 36 |
| Tabela 9 - Escala utilizada no estudo | 48 |
| Tabela 10 - Relação problemática, oportunidade e critério analisado | 61 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|----------------|---|
| <i>DMM</i> | <i>Data Maturity Model</i> (Modelo de Maturidade de Dados) |
| <i>DIMM</i> | <i>Data Interoperability Maturity Model</i> (Modelo de Maturidade da Interoperabilidade dos Dados) |
| <i>AHP</i> | <i>Analytic Hierarchy Process</i> (Processo Hierárquico Analítico) |
| <i>DEMATEL</i> | <i>Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory</i> (Laboratório de Ensaio e Avaliação da Tomada de Decisão) |
| <i>SCM</i> | <i>Supply Chain Management</i> (Gestão da cadeia de suprimentos) |
| <i>CPS</i> | <i>Cyber-physical System</i> (Sistema ciber-físico) |
| <i>SIRI</i> | <i>Smart Industries Readiness Index</i> (Indicadores de Entrega de Indústrias Inteligentes) |
| <i>CMMI</i> | <i>Capability Maturity Model Integration</i> (Modelo de Capacidade e Maturidade Integrado) |
| <i>NAA</i> | <i>National Archives of Australia</i> (Arquivo Nacional da Austrália) |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 1.1 | TEMA..... | 11 |
| 1.2 | DELIMITAÇÃO DO TEMA..... | 12 |
| 1.3 | PROBLEMAS E PREMISSAS..... | 12 |
| 1.4 | OBJETIVOS..... | 13 |
| 1.4.1 | 1.3.1 OBJETIVO GERAL..... | 13 |
| 1.4.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 1.5 | JUSTIFICATIVA..... | 14 |
| 1.6 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 14 |
| 1.7 | ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 15 |
| 2 | BASE CONCEITUAL..... | 16 |
| 2.1 | INDÚSTRIA 4.0..... | 16 |
| 2.1.1 | MODELOS ESTRATÉGICOS PARA A INDÚSTRIA 4.0..... | 17 |
| 2.2 | <i>SMART SUPPLY CHAIN</i> | 19 |
| 2.3 | MATURIDADE DE INFORMAÇÃO E INTEROPERABILIDADE NA INDÚSTRIA 4.0. 21 | |
| 2.4 | INTEROPERABILIDADE..... | 21 |
| 2.5 | MODELOS..... | 22 |
| 2.5.1 | <i>DATA MATURITY MODEL</i> | 22 |
| 2.5.2 | NÍVEIS DE MATURIDADE..... | 24 |
| 2.5.3 | <i>DATA INTEROPERABILITY MATURITY MODEL</i> | 29 |
| 2.6 | MODELOS MCDM..... | 33 |
| 2.6.1 | MÉTODO <i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)</i> | 33 |
| 2.6.2 | MÉTODO <i>DEMATEL</i> | 35 |
| 3 | DESENVOLVIMENTO..... | 39 |
| 3.1 | FERRAMENTAS UTILIZADAS..... | 40 |
| 3.1.1 | <i>SUPERDECISIONS</i> | 40 |
| 3.1.2 | <i>MICROSOFT OFFICE EXCEL</i> | 41 |
| 3.2 | CONCEPÇÃO DO MODELO..... | 42 |
| 3.2.1 | <i>FRAMEWORK DIM2</i> | 43 |
| 3.3 | AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA..... | 47 |
| 3.3.1 | MÉTODO <i>AHP</i> | 47 |
| 3.3.2 | <i>DEMATEL</i> | 51 |
| 3.4 | CASO DE APLICAÇÃO..... | 54 |
| 4 | CONCLUSÃO..... | 62 |

| | | |
|---|-------------------|----|
| 5 | REFERÊNCIAS | 63 |
|---|-------------------|----|

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 apresenta uma proposta simples: conectar máquinas, sistemas e pessoas ao processo produtivo para assim permitir melhorar a logística da produção, a utilização de recursos, uma menor margem de erro e de uso de matérias primas (Venâncio et al, 2017). Segundo Sanders et. al (2016), ela representa a aplicação de conceitos dos sistemas ciber-físicos (*CPS*) e tecnologias que visam a construção de meios de produção inteligentes, nas quais a dependência dos seres humanos diante o comando das máquinas seja cada vez menor.

Dentro das organizações vivemos mudanças em grande escala, alcance e complexidade, graças às novas tecnologias incorporadas às atividades humanas. Os desafios desta nova revolução servirão de base para o desenvolvimento de soluções que envolvem diferentes partes interessadas, sejam eles públicos ou privados, acadêmicos ou pertencentes à sociedade (Schwab, 2016).

Embora a automação da manufatura seja, na maior parte do tempo, o primeiro pensamento a surgir quando falamos em Indústria 4.0, de acordo com Schwab (2016), a profundidade dessas mudanças sinaliza para a transformação de sistemas inteiros de produção, gerenciamento e governança. Isto é, a manufatura avançada não somente gera impacto no modo como os bens e produtos são produzidos, mas também nos estoques e na gestão da cadeia de suprimentos como um todo.

As cadeias produtivas são processos globais com produtos fabricados em diferentes unidades e países, que produzem subconjuntos ou partes, os quais são finalizados em outras unidades. Problemas como qualidade e prazo são cotidianos e frequentes, e a visibilidade do nível dos estoques de matérias-primas, produtos em processamento (*WIP – work in process*) ou produtos acabados, associados aos dados relativos à data de início da produção, desempenho do processo e ocorrência de não conformidades, em tempo real, auxiliam de maneira significativa no sucesso da cadeia.

Os reflexos da Indústria 4.0 moldam a cadeia de suprimentos a se tornar mais inteligente com uma metodologia voltada a antecipar demandas e aumentar a precisão sobre necessidades das companhias, buscando resultado próximo à zero perda e eliminação de atrasos que impactem a produção. Porém, a integração e

conexão entre sistemas produtivos promovidas por uma cadeia de suprimentos conectada devem permear toda a cadeia de valor, de forma a garantir a sua interoperabilidade.

Assim, aquelas que são capazes de compartilhar, compreender e processar informações entre parceiros de negócios são caracterizadas como interoperáveis (Legner et al, 2006). Com isso, apoiada em sistemas e tecnologia da informação a organização melhora a operação da sua cadeia de suprimentos, permitindo o planejamento e gestão do ciclo afim de coletar e processar informações que apoiem os processos decisórios desde a formulação de estratégias até a coordenação operacional do negócio.

1.1 **TEMA**

Supply Chain Management (SCM) ou Gestão da Cadeia de Suprimentos pode ser definida, de um modo geral, como um conjunto de processos e recursos materiais necessários para produzir e entregar um produto para um cliente final, com foco na satisfação do cliente.

Associada ao uso de tecnologias inteligentes para automatização e integração dos processos, adquirindo uma função avançada de organização de demanda cria-se o conceito de *Smart Supply Chain*, baseado na forte interação entre planejamento e logística para compilação de resultados, análises estatísticas e aperfeiçoamento operacional.

Alavancado por esse processo de automação, o gerenciamento das informações produzidas dentro da *SCM* precisa ser mensurado e acurado por meio de um plano de gestão. Para tal, é necessário ter controle desse processo e identificar em que nível de amadurecimento está o intercambiamento desses dados.

De acordo com Bloem et al. (2014) e Anderl (2014), os sistemas ciber-físicos responsáveis por formar a base de sistemas inteligentes são uma consequência da integração da produção, da sustentabilidade empregada e da satisfação dos clientes. Utilizar esses sistemas como um banco de dados dinâmico, aliado à *Internet of Things (IoT)*, irá forçar análises e simulações em tempo real de planejamentos de cadeia de

suprimentos posteriormente armazenados em *Big Data* para disponibilização de resultados.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O cenário competitivo que as empresas estão inseridas exige dos gestores e empresários uma atitude mais objetiva no sentido de aumentar a receita e reduzir custos, daí a importância em se administrar de maneira cada vez mais eficaz o sistema produtivo (Slack et al., 2009).

Ainda de acordo com Slack et al. (2009), uma perspectiva de cadeia de suprimentos significa definir a operação no contexto de todas as outras operações com as quais interage, algumas das quais são seus fornecedores e outras, seus clientes. Gerir uma cadeia de suprimentos significa gerir as interconexões empresariais, integrar processos e alinhar procedimentos em prol do cliente.

Devido a essa grande interação com os diversos agentes que a compõem, problemas como falha ao integrar toda a equipe envolvida na cadeia logística, falta de visibilidade e controle da cadeia de suprimentos e tomadas de decisão pouco assertivas são enfrentados e podem ser solucionados com a aplicação de tecnologias e metodologia de avaliação de maturidade dos dados gerados. Delimitar à luz de estruturas de gerenciamento como o *DMM (Data Maturity Model)* e o *DIMM (Data Interoperability Maturity Model)* possibilitam um gerenciamento da cadeia de suprimentos mais autônomo e interoperável.

1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS

Conforme Chopra e Meindl (2003), gerenciar uma cadeia de suprimentos envolve de maneira direta ou indireta, todas as etapas associadas ao atendimento de um pedido, não se restringindo aos fabricantes e fornecedores, mas, também, transportadoras, centros de distribuição, varejistas e clientes. O fluxo de produtos, informações e recursos financeiros é constante e dinâmico, e visa maximizar o valor global.

Neste sentido, o gerenciamento de uma cadeia de suprimentos pode ser definido como a gestão das relações existentes entre uma organização e seus fornecedores e clientes, com o objetivo de fornecer ao cliente final um produto de

elevado valor agregado ao menor custo possível. A cadeia de suprimentos evoluiu para uma estrutura repleta de integrações entre as partes. (Christopher, 2015).

A ideia de analisar a dimensão da informação dentro da área de suprimentos e como ela é distribuída, operada e gerenciada sob a ótica da Indústria 4.0 surge exatamente desta característica particular de não conseguir um processo linearizado tal qual os processos de manufatura, pois, como vimos anteriormente, a Indústria 4.0 funciona de maneira mais eficiente quando todos os seus setores, diretos e indiretos, operam em harmonia.

Sob este cenário de Indústria 4.0 e transformação digital, entender a maturidade no fluxo de informações dentro do processo de suprimentos pode trazer resultados benéficos ao processo produtivo como um todo. Numa cadeia de suprimentos há heterogeneidade de atores e sistemas, e o fluxo de informações mais denso com análises profundas da estrutura de dados adquire grande importância para o desempenho da cadeia como um todo. Avaliar a maturidade da gestão de dados sob a perspectiva da interoperabilidade significa prover uma avaliação diagnóstica para perceber barreiras e, assim, auxiliar na orientação de ações e diretrizes para melhoria de desempenho e construção de estratégias.

1.4 OBJETIVOS

Com o objetivo de avaliar uma organização inserida em uma cadeia de suprimentos complexa e contribuir para sua tomada de decisão sobre quais tecnologias recomendadas de cadeia de suprimentos conectadas devem ser adotadas, considerando a interoperabilidade como uma perspectiva de avaliação, são definidos os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

1.4.1 OBJETIVO GERAL

Propor um modelo de diagnóstico e avaliação para a adoção de tecnologias de cadeia de suprimentos conectadas recomendadas à luz da interoperabilidade.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver uma mescla entre conceitos dos modelos *DMM* e *DIMM* com o intuito de contemplar a visão de maturidade de dados sob a ótica da interoperabilidade;
- Aplicar a pesquisa de avaliação na cadeia de suprimentos com base no modelo resultante da mescla;
- Propor uma base diagnóstica de avaliação fundamentada em métodos multicritério;
- Avaliar a proposta de análise diagnóstica proposta em empresa do setor automotivo.

1.5 JUSTIFICATIVA

Atualmente, a visão sobre a importância de se aplicar os conceitos de *Supply Chain* para o crescimento e desenvolvimento das indústrias tem sido uma linha de pesquisa científica muito relevante. Os tomadores de decisão dependem cada vez mais de dados para obter visibilidade das despesas, identificar tendências em custos e desempenho, apoiar controle de processos, monitoramento de estoque, otimização da produção e esforços de melhoria de processos (Benjamin Hazena, 2014). Assim, a intenção de aprimoramento de dados em uma cadeia de suprimentos se apresenta como forma de agregar maior valor ao serviço.

No cenário organizacional, há um incentivo pela busca de novas tecnologias implementadas em todo o processo de desenvolvimento de produtos e/ou projetos. Tal processo, inicia-se em fase de pesquisa, desenvolvimento, seguindo ao nível tático, o qual é responsável pelo processo de fabricação, até o produto final e sua armazenagem, antes de sua comercialização (Jung, 2011). Portanto, as análises da presente pesquisa buscam uma base diagnóstica que permita identificar potencialidades da aplicação das tecnologias relacionadas ao fluxo de dados na cadeia de suprimentos conectada.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos para a construção do TCC serão:

- Revisão de bibliografias, a fim de estudar e analisar a Cadeia de Suprimentos, os modelos de avaliação de maturidade, o *Data Maturity Model*, o *Data Interoperability Maturity Model*, suas barreiras e oportunidades.

- Estudar abordagens avaliativas e decisórias no cenário da I4.0 com base em métodos multicritério.

- Obter uma visão integrada dos modelos *DMM* e *DIMM* de forma a obter um novo modelo e critérios avaliativos.

- Desenvolver um modelo diagnóstico capaz de analisar a maturidade do fluxo de informação das empresas quanto a cadeia de suprimentos e norteá-las na gestão de melhorias.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será dividido em 5 capítulos para sua construção, sendo eles:

Capítulo 1: Introdução: conta com uma breve introdução, o tema abordado, a delimitação deste tema, os problemas e premissas, os objetivos tanto gerais quanto específicos, a justificativa, os procedimentos e o cronograma.

Capítulo 2: Revisão bibliográfica: é composto pela revisão bibliográfica a respeito do tema e os modelos de análise de maturidade de dados voltados para *Smart Supply Chain*.

Capítulo 3: Estudo e desenvolvimento de um modelo diagnóstico de análise da informação em Cadeia de Suprimentos.

Capítulo 4: Testes e resultados: avaliação diagnóstica do modelo e sua aplicação.

Capítulo 5: Conclusão: é composto pelas considerações finais e conclusões do trabalho.

2 BASE CONCEITUAL

2.1 INDÚSTRIA 4.0

As indústrias estão em busca de aumentar suas eficiências produtivas (Porter, 2005), que corresponde a ter escala em produtividade, aliada a fabricação de produtos customizados aos clientes (Slack et al., 2015) e desta forma possibilitar o aumento da sua participação no mercado entregando o que cada cliente necessita a um custo reduzido (Kotler, 2013; Slack et al., 2015).

Neste sentido a Indústria 4.0, que pode ser definida como em tempo real, de maneira inteligente e digital, conectar pessoas e equipamentos para o gerenciamento do processo de negócios e com a criação de valor em rede (Dombrowski et al., 2017), se torna essencial para a competitividade das empresas.

Através de suas tecnologias, a transformação digital permite a interação entre os domínios físicos e digitais, com o desenvolvimento de todo um ecossistema com forte colaboração entre os agentes chave, que são eles: logística, manufatura, tecnologia da informação, planejamento, vendas e os consumidores. Assim, todos trabalham juntos para atingir os objetivos da empresa (Prasana, 2018).

Neste contexto, a integração do digital com os processos físicos se fez possível através da concretização de tecnologias como *big data*, o potencial de acesso aos dados proveniente da internet das coisas e a capacidade de análise dos dados para a tomada de decisão, resultando no que é denominado de *CPS* (Mohammed, 2018).

Um sistema ciber-físico (*CPS* ou *cyber-physical system*) é um sistema físico que faz uso (para controle, monitoramento ou outra função) de algoritmos computacionais estreitamente integrados com a internet e seus usuários. Em um sistema ciber-físico, componentes físicos e computacionais estão profundamente entrelaçados (Deschamps, 2018).

As tecnologias *CPS* estão se tornando cada vez mais ricas em dados, permitindo novos e mais altos graus de automação e autonomia, transformando a maneira como as pessoas interagem com sistemas projetados, assim como a internet transformou a forma como as pessoas interagem com a informação (*National Science Foundation*, 2021)

2.1.1 MODELOS ESTRATÉGICOS PARA A INDÚSTRIA 4.0

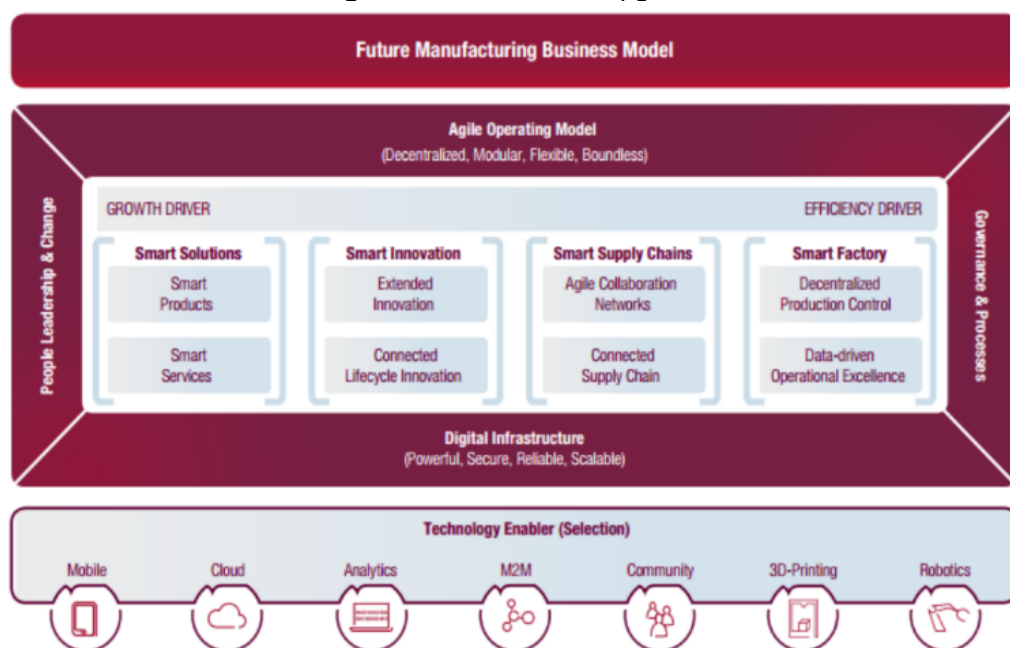
Os modelos estratégicos, normalmente desenvolvidos por empresas líderes em tecnologia, empresas de consultoria e especialistas acadêmicos e industriais, compreendem num conjunto de estruturas e ferramentas para ajudar as indústrias – independentemente do tamanho e do setor – a iniciar, dimensionar e sustentar suas jornadas de transformação digital.

Na sequência desta seção, serão apresentados dois modelos estratégicos onde é possível identificar a cadeia de suprimentos como um pilar importante dentro de todo o processo.

2.1.1.1 PLATAFORMA CAPGEMINI

O *framework* desenvolvido pela Capgemini Consulting (2014) e apresentado na figura abaixo é constituído por quatro pilares básicos da Indústria 4.0: *Smart Solutions*, *Smart Innovation*, *Smart Supply Chain* e *Smart Factory*. Além de algumas tecnologias habilitadoras, onde as principais foram abordadas na tabela 1, e fatores externos multidisciplinares como: *Agile Operating Model*, *Governance & Processes*, *Digital Infrastructure* e *People Leadership & Change*.

Figura 1 - Framework Capgemini



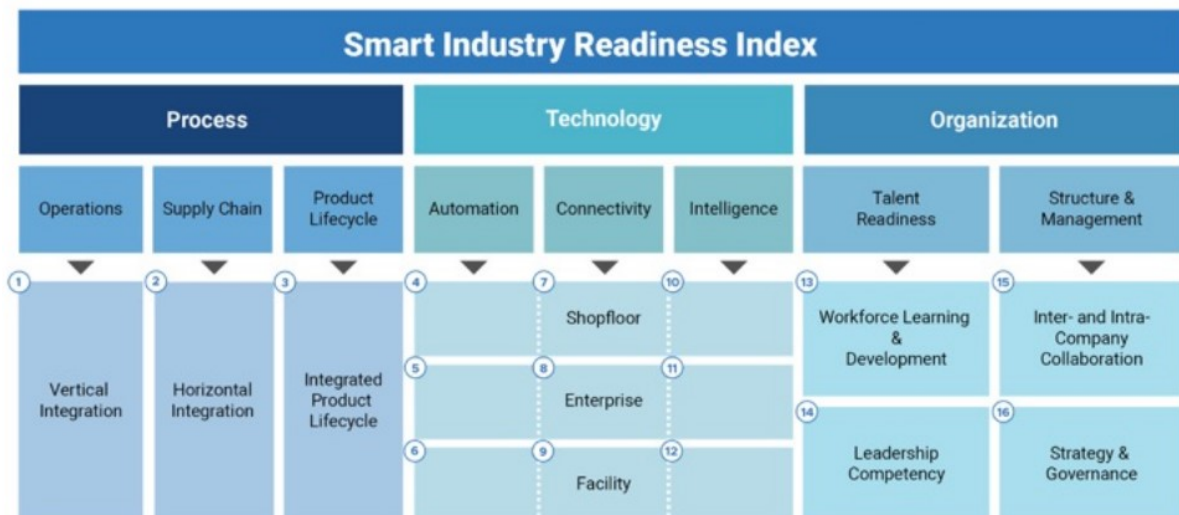
Fonte: Capgemini (2014)

2.1.1.2 PLATAFORMA SIRI (SMART INDUSTRIES READINESS INDEX)

Apresentada em 2017 no fórum global de economia, em Singapura, a plataforma foi desenvolvida numa parceria entre empresas de tecnologia, consultorias, indústrias e pesquisadores. A *SIRI* compreende um conjunto de tecnologias e ferramentas para auxiliar as indústrias de manufatura – independentemente de seu tamanho – numa jornada de transformação tecnológica e implementação da indústria inteligente. O *framework* possui três blocos fundamentais, que são: *Process*, *Technology* and *Organisation*.

Esses três blocos já citados são sustentados por oito pilares: *Operations*, *Supply Chain* e *Product Lifecycle* que pertencem ao bloco *Process*; *Automation*, *Connectivity* e *Intelligence* que pertencem ao bloco *Technology*; *Talent Readiness* e *Structure Management* que pertencem ao bloco *Organisation*. Estes pilares são mapeados em dezesseis dimensões distintas de avaliação, que são componentes chaves que a organização deve considerar.

Figura 2 - Framework SIRI



Fonte: SIRI (2019)

Tanto no *framework* da Capgemini, que trata da indústria 4.0 de uma forma mais geral, como no *SIRI* é possível compreender a importância da cadeia de suprimentos na competitividade empresarial. Seja essa cadeia como pilar principal, como na plataforma da Capgemini, ou como parte do pilar de processo, numa plataforma mais direcionada à Indústria Inteligente.

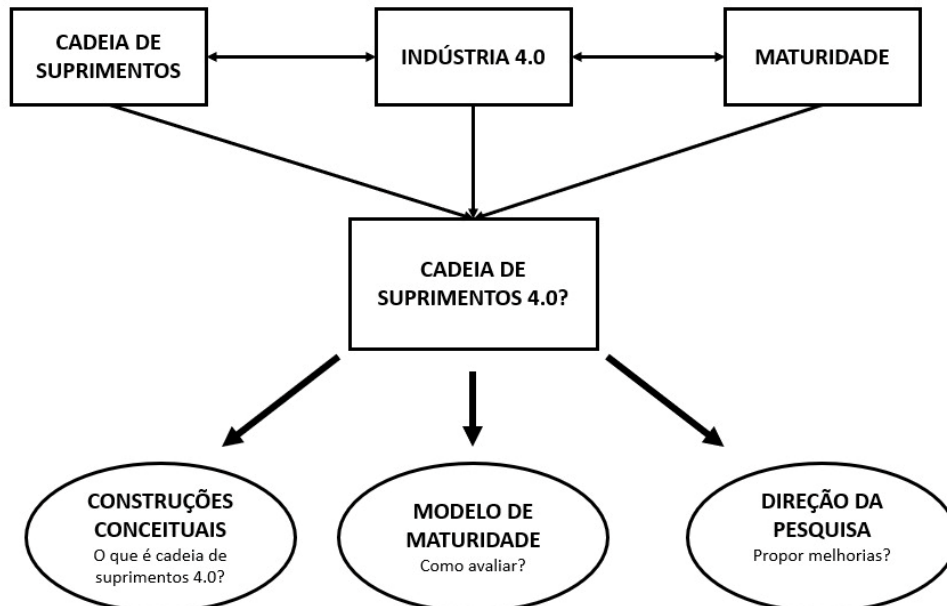
2.2 SMART SUPPLY CHAIN

Com o acelerar do progresso tecnológico e transformação digital, operar em ambientes legados, reativos, manuais e de baixa visibilidade não são sustentáveis. As empresas precisam traçar caminhos para aproveitar ao máximo as ferramentas inteligentes disponíveis e manter a competitividade do negócio. (Capgemini, 2021).

Tecnologias ágeis, proativas e responsivas estão alterando as cadeias tradicionais de suprimentos, alcançando novos patamares de eficácia operacional e alavancando modelos digitais. No entanto, Iddris (2018) reforça que, apesar delas modificarem radicalmente as operações, é necessário estar sempre alinhado com os requisitos do cliente, melhorando a performance no compasso da sua satisfação.

Smart Supply Chain busca otimizar os processos, atividades e relacionamentos da cadeia de suprimentos, gerando benefícios estratégicos para a parte interessada através da adaptação de tecnologias disruptivas da Indústria 4.0 (Frederico et. al, 2020).

Figura 3 - Research Framework



Fonte: Adaptado de Frederico et. al (2020)

Elevar a maturidade através de soluções inteligentes permitem as organizações saírem de processos extremamente manuais e/ou desconectados para processos automatizados e integrados. À medida que as tecnologias e ferramentas amadurecem

e há uma expansão na rede autônoma de abastecimento é necessário discutir o gerenciamento dos dados que serão gerados. Conforme Tan et al (2015), o gerenciamento desses dados e o aproveitamento da *big data* se tornam peças-chave na geração de novas capacidades, podendo otimizar cadeias inteiras de suprimentos como *Supply Chain 4.0* afirma Wamba et al. (2015).

Para potencializar a implementação da *Supply Chain 4.0* é necessário realizar pesquisas de avaliação da maturidade, de acordo com Wang et.al (2016) e Ghobakhloo (2018). Entender as fontes de lixo digital e desenvolver soluções para reduzi-las ou evitá-las é uma dessas formas de mensurar a maturidade do processo. Essas fontes podem ser divididas em três tipos (McKinsey&Company, 2016).

Na captura e gerenciamento de dados, enquanto esses dados são tratados de forma manual, seja pelo manuseio em papel ou estratificação realizada por operadores em um sistema, há perdas associadas ao tempo de processamento ou compartilhamento da comunicação com outros setores do negócio. Perdem-se informações adicionais que poderiam ser aproveitadas para melhorar o processo continuamente e mitigar perturbações no sistema em sua fase precoce.

Otimização integrada de processos, ou seja, utilizar todas as informações da cadeia para chegar numa previsão estatística do funcionamento *end-to-end* de maneira automática. Para alcançar esse nível é essencial a configuração organizacional, a governança, processos e incentivos que precisam estar alinhados dentro e entre os parceiros da cadeia de suprimentos.

Por último, a execução de sistemas ciber-físicos, eliminando a intuição do processo e utilizando a entrada de dados para predizer a ação em tempo real das demandas necessárias para a cadeia de suprimentos, facilitando o gerenciamento da rede. O impacto é observado em todas as áreas de gerenciamento, reduzir as perdas e alavancar as melhorias permite uma mudança radical no serviço, agilidade do processo e custo de conversão.

2.3 MATURIDADE DA INFORMAÇÃO E INTEROPERABILIDADE NA INDÚSTRIA 4.0

A maturidade dentro da Indústria 4.0 surge como um tema relevante dentro da preocupação de avaliações de características organizacionais, em relação aos seus competidores, ao que se refere ao âmbito de tecnologias, tendências e metodologias (Gameiro, 2022).

No mesmo raciocínio, alguns autores apresentam que há diferentes modelos de maturidade, como Santos (2018), que descreve que tais modelos podem ser definidos como uma “estrutura conceitual, constituído por partes que definem a maturidade, ou estado de desenvolvimento, de uma determinada área de interesse”. Além de apresentar um potencial de identificação e descrição de processos que uma organização precisa desenvolver para atingir um determinado cenário futuro desejado.

Um modelo de maturidade pode ser apresentado como uma técnica de análise com o objetivo de mensurar aspectos de processos ou da organização. Tais modelos de maturidade podem apontar cinco diferentes níveis, os quais seguem motivações de aplicação para cada contexto aplicado. Para este entendimento, ressaltasse as motivações como medição de performance para auditorias e benchmarking, assim como a evolução de projetos e entendimento de pontos fortes e fracos ou oportunidades na empresa (Proença, 2018).

É de importância ressaltar um ponto trazido por Wendler (2012), que o “propósito da evolução da aplicabilidade dos modelos de maturidade não se dá somente a domínios de *software*, mas sim de uma necessidade de melhor gestão”.

2.4 INTEROPERABILIDADE

Interoperabilidade é a capacidade de um sistema se comunicar de forma transparente, ou o mais próximo disso, com outro sistema (Silva, 2004). Chen (2005) acrescenta um outro aspecto que considera necessário para a existência de interoperabilidade: uma situação de interoperabilidade se caracteriza pela situação de “atuação a pedido”, isto é, de que um sistema executa uma função a pedido ou em resposta a uma solicitação de outro sistema (Chen 2005; Chen e Doumeingts 2003). Desta forma, dois sistemas serão interoperáveis se, para além de serem capazes de trocar algo entre si e compreender a informação trocada, forem capazes de utilizar os

dados recebidos para executar uma funcionalidade e retornar uma resposta que era esperada e pretendida pelo sistema solicitante.

Já no contexto empresarial, a interoperabilidade é a capacidade de uma empresa interagir e trocar informações com organizações externas como parceiros, fornecedores, clientes e cidadãos, por meio da cooperação e colaboração entre os envolvidos no processo de agregação de valor (Chalmeta et al, 2001; Kosanke et al, 2008).

2.5 MODELOS

2.5.1 DATA MATURITY MODEL

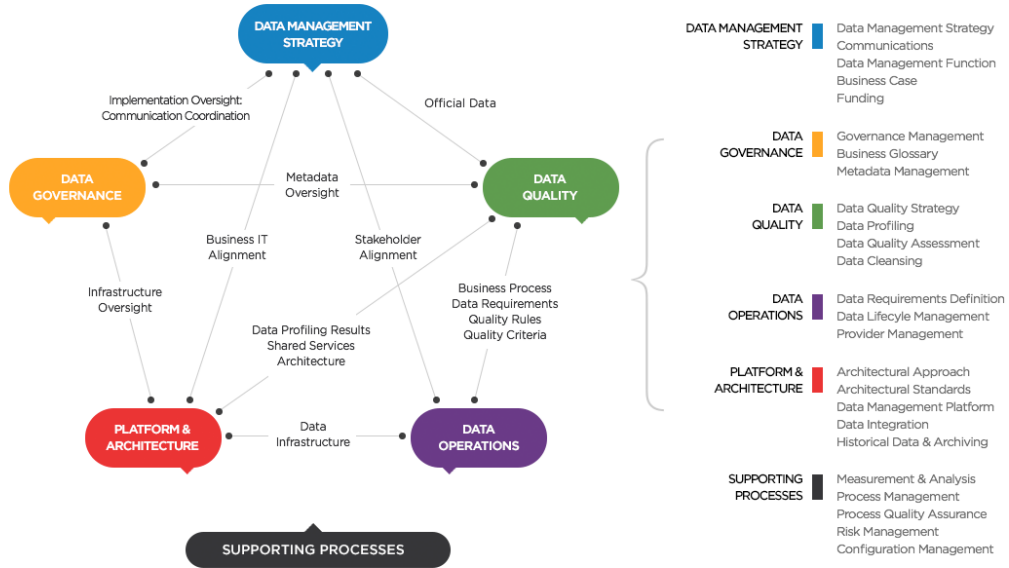
Dentro dos modelos de maturidade citados acima, destaca-se o modelo *Data Maturity Model (DMM)*, o qual, segundo Baolong (2018), busca abordar pontos de melhoria em padrões de sistemas e softwares, dentro de seis principais domínios, como *Data Management Strategy* (Estratégia de Gerenciamento de Dados), *Data Quality* (Qualidade de Dados), *Data Operations* (Operações de Dados), *Platform and Architectures* (Plataforma e Arquiteturas), *Data Governance and Supporting Processes* (Governança de Dados e Processos de Suporte).

Atualmente o modelo *DMM*, do Instituto *CMMI* (Modelo de Capacidade e Maturidade Integrado) é utilizado para a classificação de maturidade das organizações e é de grande relevância e se mostra eficiente para realizar uma governança efetiva de dados (Marques, 2020). De acordo com Wang (2018) o modelo *DMM* tem como principal objetivo avaliar a capacidade de gerenciamento de dados nas empresas e organizações, portanto, visa estabelecer, comunicar, demonstrar e investir em uma visão de dados, para que haja uma melhora na integração empresa e TI (Tecnologia da Informação) para tomadas de decisões eficientes. (Wang, 2018)

Em resumo, o *Data Maturity Model (DMM)*, define-se como práticas de gerenciamento de dados em seis categorias que visam avaliar recursos, identificar pontos fortes e lacunas, além de alavancar ativos de dados e desempenho dos

negócios, dentro de uma organização (DMM, 2022). A interação de tais categorias é mostrada na Figura 4.

Figura 4 - Modelo DMM



Fonte: CMMI Institute

A tabela abaixo apresenta, de forma estruturada e traduzida, o conteúdo indicado na figura 4.

Tabela 1 - Visão estruturada DMM, categorias e áreas de processo em inglês e português

| Categorias | | Áreas de Processo | |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|
| Inglês | Português | Inglês | Português |
| Data Management Strategy | Estratégia de Gestão de Dados | Data Management Strategy | Estratégia de Gestão de Dados |
| | | Communications | Comunicações |
| | | Data Management Function | Função de Gestão de Dados |
| | | Business Case | Caso de Negócio |
| | | Funding | Financiamento do Programa |
| Data Governance | Governança de Dados | Governance Management | Gestão de Governança |
| | | Business Glossary | Glossário de Negócios |
| | | Metadata Management | Gestão de Metadados |
| Data Quality | Qualidade de Dados | Data Quality Strategy | Estratégia de Qualidade de Dados |
| | | Data Profiling | Perfil de Dados |
| | | Data Quality Assessment | Avaliação de Qualidade dos Dados |
| Data Operations | Operações de Dados | Data Cleansing | Limpeza de Dados |
| | | Data Requirements Definition | Definição dos Requisitos dos Dados |
| | | Data Lifecycle Management | Gestão de Ciclo de Vida dos Dados |
| Platform & Architecture | Plataforma e Arquitetura | Provider Management | Gestão de Provedor |
| | | Architectural Approach | Abordagem Arquitetural |
| | | Architectural Standards | Padrões Arquiteturais |
| | | Data Management Platform | Plataforma de Gestão de Dados |
| | | Data Integration | Integração de Dados |
| Supporting Processes | Processos de Suporte | Historical Data & Archiving | Dados Históricos, Arquivamento e Retenção |
| | | Measurement & Analysis | Medição e Análise |
| | | Process Management | Gerência de Processos |
| | | Process Quality Assurance | Garantia da Qualidade de Processo |
| | | Risk Management | Gestão de Risco |
| | | Configuration Management | Gestão de Configuração |

Fonte: Autoria própria baseado em CMMI

As categorias do *DMM* são: Estratégia de Gestão de Dados, Governança de Dados, Qualidade de Dados, Operações de Dados, Plataforma e Arquitetura e Processos de Suporte, totalizando ao final seis categorias.

Nas colunas da direita da Tabela 2, estão as áreas de processo. Os processos são as divisões em setores organizadas pelo *DMM*, para trabalhar melhor políticas específicas e obter um controle mais efetivo na gestão de dados.

Além das categorias e áreas de processo, faz parte do *DMM* as capacidades dos processos. As capacidades representam a maneira como os ativos de dados de uma organização são gerenciados. Existem cinco níveis de habilidade. Esses níveis variam do menos maduro (nível 1) ao mais maduro (nível 5). No próximo tópico estão descritos todos esses níveis.

2.5.2 NÍVEIS DE MATURIDADE

Os níveis de maturidade representam um caminho em etapas para o desempenho de uma organização e os esforços de melhoria de processos com base em conjuntos predefinidos de áreas de prática. Dentro de cada nível de maturidade, o conjunto predefinido de áreas de prática também fornece um caminho para a melhoria do desempenho. Cada nível de maturidade se baseia nos níveis de maturidade anteriores, adicionando novas funcionalidades ou rigor (*CMMI Institute, 2014*).

Nível de maturidade 1: Inicial. Imprevisível e reativo. O trabalho é concluído, mas muitas vezes está atrasado e acima do orçamento.

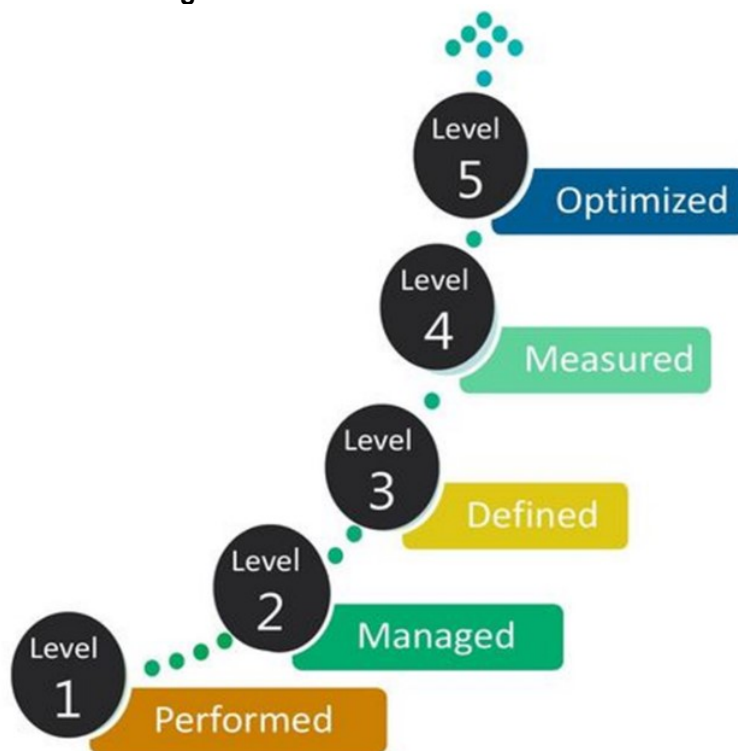
Nível de Maturidade 2: Gerenciado. Gerenciado no nível do projeto. Os projetos são planejados, executados, medidos e controlados.

Nível de Maturidade 3: Definido. Proativo, ao invés de reativo. Os padrões de toda a organização fornecem orientação em projetos, programas e portfólios.

Nível de Maturidade 4: Medido. A organização é orientada por dados com objetivos quantitativos de melhoria de desempenho que são previsíveis e alinhados para atender às necessidades das partes interessadas internas e externas.

Nível de maturidade 5: Otimizado. A organização está focada na melhoria contínua e é construída para girar e responder a oportunidades e mudanças. A estabilidade da organização fornece uma plataforma para agilidade e inovação.

Figura 5 - Níveis de maturidade.



Fonte: CMMI Institute

2.5.2.1 ÁREAS DE PROCESSO DO DMM

Esta seção descreve as práticas das áreas de processo, também chamadas de pilares, juntamente com os respectivos níveis de maturidade que podem ser alcançados.

Tabela 2 – Objetivos dos pilares DIMM

| Pilares | Objetivos |
|-------------------------------|---|
| Estratégia de Gestão de Dados | Define a visão, metas e objetivos do plano de gerenciamento de dados e garante que todas as partes interessadas estejam alinhadas com as prioridades e planos de implementação e gerenciamento. |
| Comunicações | Garante que políticas, padrões, processos, anúncios, e outras comunicações de gestão de dados sejam publicados, |

| | |
|---------------------------|---|
| | promulgados, compreendidos e ajustados com base em feedback. |
| Função de Gestão de Dados | Fornece orientação aos líderes e administradores de dados para garantir que os dados sejam gerenciados como um ativo corporativo. Envolve definir o escopo para estabelecer e manter os princípios de gerenciamento de dados, facilitando sua adoção e garantindo a consistência entre as equipes organizacionais. |
| Caso de Negócio | Fornece uma justificativa para determinar quais iniciativas de gerenciamento de dados devem ser financiadas e garantir a sustentabilidade do gerenciamento de dados por meio de decisões baseadas em considerações financeiras e benefícios organizacionais. |
| Financiamento do Programa | Tem como propósito garantir a disponibilidade de financiamento adequado e sustentável para apoiar o programa de gestão de dados. |
| Gestão de Governança | Desenvolve a estrutura operacional necessária para garantir que os dados corporativos sejam gerenciados como um ativo e implementados de forma eficaz e sustentável. |
| Glossário de Negócios | Trabalha para dar suporte a um entendimento comum de termos e definições relacionados a dados estruturados e não estruturados para dar suporte a processos de negócios para todas as partes interessadas. |
| Gestão de Metadados | A Gestão de Metadados foi projetada para criar processos e infraestrutura para definir e estender informações claras e estruturadas sobre ativos de dados gerenciados, estruturados e não estruturados, facilitar e suportar o compartilhamento de dados e garantir a consistência dos dados. melhorar a capacidade de resposta às mudanças nos negócios e reduzir as ameaças de dados. |

| | |
|------------------------------------|--|
| Estratégia de Qualidade de Dados | A Estratégia de Qualidade de Dados foi projetada para definir uma estratégia organizacional integrada para alcançar e manter o nível de qualidade de dados necessário para dar suporte às metas e objetivos de negócios. Cada nível alcançado significa o desenvolvimento das capacidades da empresa. |
| Perfil de Dados | Desenvolve uma compreensão do conteúdo, qualidade e regras de um determinado conjunto de dados sob gerenciamento. |
| Avaliação de Qualidade dos Dados | A área de Avaliação de Qualidade de Dados foi projetada para fornecer uma abordagem estruturada para medir e avaliar a qualidade de dados com base em regras de processo, tecnologia e qualidade de dados. |
| Limpeza de Dados | Define mecanismos, regras, processos e métodos para validar e corrigir dados de acordo com regras de negócios pré-definidas. |
| Definição dos Requisitos dos Dados | Garante que os dados gerados e usados atendam aos objetivos de negócios, sejam compreendidos por todas as partes interessadas relevantes e sejam compatíveis com os processos que criam e usam os dados. |
| Gestão de Ciclo de Vida dos Dados | Garante que uma organização entenda, planeje, armazene e controle o fluxo de dados ao longo de seus processos de negócios durante todo o ciclo de vida dos dados, começando pela criação ou exclusão. O gerenciamento do ciclo de vida dos dados permite um melhor gerenciamento de riscos e oferece suporte a melhorias na qualidade dos dados, especialmente quando há grandes quantidades de dados ou altas transferências de dados, que são processos de troca de dados complexos e interconectados. |
| Gestão de Provedor | Otimiza a entrega interna e externa de dados para atender às necessidades do negócio e gerenciar a entrega de dados de acordo com protocolos consistentes. |
| Abordagem Arquitetural | Visa projetar e implementar uma camada de dados otimizada que possibilite a coleta, produção, armazenamento e entrega de dados para atender aos objetivos técnicos e de negócios. |

| | |
|---|--|
| Padrões Arquiteturais | A área de Padrões Arquiteturais foi projetada para fornecer um conjunto validado de expectativas para gerenciar os elementos de arquitetura que suportam representação confiável de dados, acesso a dados e distribuição de dados e que formam a base do controle de ativos de dados. |
| Plataforma de Gestão de Dados | Garante a implementação e gestão de uma plataforma eficaz para atender às necessidades do negócio. |
| Integração de Dados | A Integração dos Dados reduz a necessidade das empresas obterem dados de várias fontes e aumenta a disponibilidade de dados para processos de negócios que exigem integração e agregação de dados, como análises. A integração de dados suporta práticas aprimoradas e custos reduzidos por meio de centralização e melhor qualidade de dados. |
| Dados Históricos, Arquivamento e Retenção | Certifica que a manutenção de dados satisfaça a organização e requisitos regulatórios para disponibilidade de dados históricos, e que os requisitos legais e regulatórios para arquivamento de dados e a retenção de dados seja atendida. |
| Medição e Análise | A área de Medição e Análise é projetada para desenvolver e manter recursos técnicos de medição e análise para dar suporte ao gerenciamento de dados e melhoria das atividades de gerenciamento. Cada nível alcançado significa o desenvolvimento das capacidades da empresa. |
| Gerência de Processos | Projetada para criar e manter um conjunto funcional de processos organizacionais ativos para planejar e implementar melhorias de processos organizacionais com base nas metas e objetivos de negócios e nas lacunas existentes nos processos organizacionais. |
| Garantia da Qualidade de Processo | Fornece às pessoas e gestores uma visão objetiva da produção dos processos e produtos de trabalho relacionados. |
| Gestão de Risco | A Gestão de Risco identifica e analisa os problemas potenciais para tomar as ações apropriadas para garantir que os objetivos possam ser alcançados. |

Gestão de Configuração

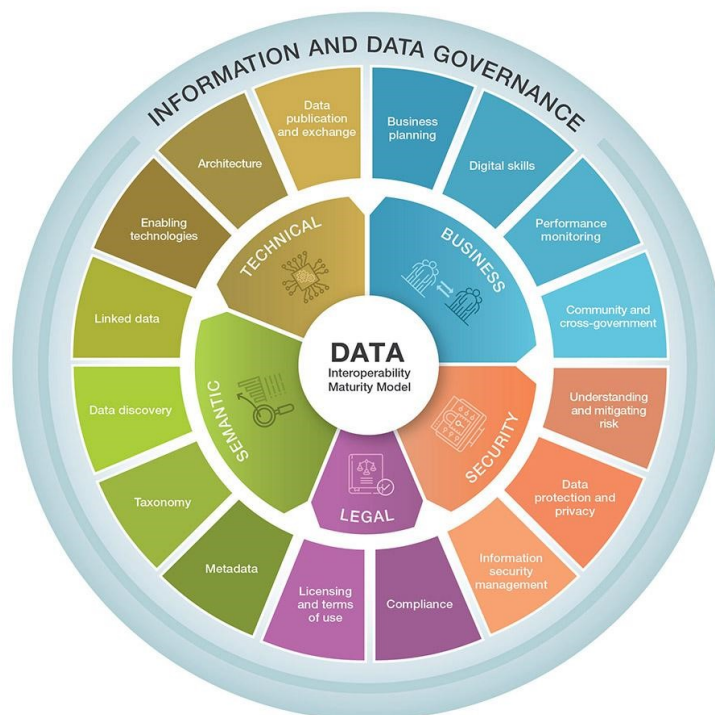
A área de Gestão de Configuração é projetada para criar e manter a integridade do ambiente operacional e ativos do processo de gerenciamento de dados por meio de configuração, identificação, controle, contabilidade e auditoria.

Fonte: CMMI Institute

2.5.3 DATA INTEROPERABILITY MATURITY MODEL

Data Interoperability Maturity Model (DIMM) é um modelo que auxilia na compreensão e evolução da interoperabilidade de dados através de sistemas e organizações. A interoperabilidade é construída com base em 5 pilares: *business*, que proporciona maturidade operacional para produzir, consumir e compartilhar dados em nível tático; *security*, que conscientiza e responde aos riscos de segurança e problemas de interoperabilidade de dados; *legal*, representa o suporte legal para a interoperabilidade de dados; *semantic*, são as estruturas de dados que permitem que o significado das informações trocadas seja entendido por pessoas e sistemas; e *technical*, é a tecnologia que suporta a interoperabilidade de dados, incluindo sistemas e serviços de computador.

Figura 6 - Pilares DIMM



Fonte: NAA

O *DIMM* (*Data Interoperability Maturity Model*), assim como o *DMM* (*Data Maturity Model*) está dividido em 5 níveis de maturidade: o nível inicial, em desenvolvimento, de definição, gerenciado e otimizado. As tabelas abaixo representam a tradução dos pilares apresentados na figura 7 para melhor entendimento e a exemplificação do objetivo de cada pilar:

Tabela 3 - Visão estruturada *DIMM*, categorias e áreas de processo em inglês e português.

| Categorias | | Áreas de processo | |
|------------|-----------|----------------------------------|--|
| Inglês | Português | Inglês | Português |
| Technical | Técnico | Enabling technologies | Habilitando tecnologias |
| | | Architecture | Arquitetura |
| | | Data publication and exchange | Intercâmbio e publicação de dados |
| Business | Negócio | Business planning | Plano de negócios |
| | | Digital Skills | Habilidades digitais |
| | | Performance Monitoring | Monitoramento de desempenho |
| | | Community and cross government | Comunidade e intragovernamental |
| Semantic | Semântico | Linked data | Dados vinculados |
| | | Data discovery | Descoberta de dados |
| | | Taxonomy | Taxonomia |
| | | Metadata | Metadados |
| Legal | Jurídico | Licensing and terms of use | Licenciamento e termos de uso |
| | | Compliance | Compliance |
| Security | Segurança | Information security management | Gerenciamento de segurança da informação |
| | | Data protection and privacy | Proteção de dados e privacidade |
| | | Understanding and mitigatin risk | Entendendo e mitigando o risco |

Fonte: Autoria própria baseado em *NAA*

Tabela 4 – Objetivos dos pilares *DIMM*.

| Pilares | Objetivos |
|-------------------------|--|
| Habilitando tecnologias | Ferramentas e sistemas de automação usados em uma organização criam, transformam, mantêm e publicam dados de forma consistente e confiável. A interoperabilidade de dados é incorporada em tecnologias e sistemas por design. Tecnologias redundantes e obsoletas são gerenciadas e não comprometem o acesso aos dados e os procedimentos essenciais ao atendimento dos requisitos do negócio. |
| Arquitetura | A arquitetura de negócios facilita a interoperabilidade de dados por design. O planejamento estratégico prioriza a agilidade dos negócios e o atendimento às demandas das rápidas mudanças nas tecnologias. |

| | |
|-----------------------------------|--|
| Intercâmbio e publicação de dados | Usa métodos padronizados de publicação e intercâmbio para garantir a interoperabilidade dos dados. Não é necessário software personalizado para interpretar os dados. Os princípios de dados abertos do governo são reconhecidos e implementados na área de negócios conforme apropriado. |
| Plano de negócios | Consideram entender os requisitos operacionais e expectativas de produção, compartilhamento e consumo de dados assumindo o compromisso com a interoperabilidade desses dados. Visa identificar estratégias e programas que apoiam a interoperabilidade, como o metadados, os programas de qualidade de dados e a estrutura da governança de dados. |
| Habilidades digitais | Todos os colaboradores precisam ter consciência e compreensão da importância da interoperabilidade de dados e precisam desenvolver a formação necessária, habilidades e suporte para cumprir os requisitos propostos por ela. |
| Monitoramento de desempenho | A eficácia e eficiência da interoperabilidade de dados relacionadas ao processo são medidos através de KPIs. Eles monitoram e impulsionam a qualidade de dados. Aqui é definido as metodologias de avaliação e suporte a melhoria contínua. |
| Comunidade e intragovernamental | Aqui ocorre o intercâmbio de informações com outras companhias para compartilhamento de aprendizados, experiências, promoção de atividades de interoperabilidade de dados, entendimento das necessidades dos consumidores e impulsionamento de melhorias. O objetivo também é criar padrões globais que podem ser replicados em outras companhias. |
| Dados vinculados | Fazem parte de um plano estratégico para desenvolver a interoperabilidade de dados por meio de vocabulários controlados. Tecnologias de dados vinculados são implementadas e os princípios de dados vinculados são usados para construir a interoperabilidade de dados. |

| | |
|--|--|
| Descoberta de dados | Os dados são gerenciados como um ativo e os acervos publicados ou usados podem ser descobertos por meio de catálogos ou registros. |
| Taxonomia | Alinha suas listas temáticas, esquemas, padrões e convenções aos relevantes em sua indústria ou setor, permitindo que seus dados sejam mais facilmente intercambiados com outras organizações. |
| Metadados | Cria e mantém informações estruturadas baseadas em padrões sobre seus dados e sistemas para garantir que os ativos sejam detectáveis e documentados. Garante que as informações apropriadas sobre os ativos de dados sejam capturadas durante todo o ciclo de vida dos dados. |
| Licenciamento e termos de uso | Serve para garantir o mecanismo correto de licenciamento de dados para o uso de terceiros, envolvendo acordos de custódia de dados, propriedade intelectual e termos de uso apropriados. |
| <i>Compliance</i> | Estão alinhados os requisitos éticos e jurídicos referentes a política de compartilhamento de dados e prestação de serviço aos consumidores. É importante revisar, analisar, ampliar e melhorar sempre a política de compartilhamento de dados de consumidores nesta etapa. |
| Gerenciamento de segurança da informação | Mantém a confidencialidade, integridade e disponibilidade de todas as informações oficiais. Os controles de segurança da informação de melhores práticas são aplicados em conjunto com as atividades de governança, estratégias e planos de negócios de uma agência. |
| Proteção de dados e privacidade | Apoiam consistentemente a aplicação de salvaguardas para desidentificar dados e impedir a divulgação de dados confidenciais, incluindo informações pessoais de clientes. O compartilhamento de dados deve estar alinhado com um direcionamento de boas práticas recomendadas para a aplicação dos princípios de compartilhamento de dados. |

| | |
|--------------------------------|---|
| Entendendo e mitigando o risco | Define as avaliações de riscos do modelo de compartilhamento de dados e diretrizes da política de segurança da informação em vigor para mitigar possíveis riscos. |
|--------------------------------|---|

Fonte: NAA

2.6 MODELOS MCDM

Segundo Roy (1996), chama-se critério uma ferramenta que permite comparar alternativas de acordo com um particular eixo de significância ou com um ponto de vista. Isto é, o apoio multicritério a decisão pode ser visto como um conjunto de métodos que se prestam a tornar claro um problema, no qual as alternativas são avaliadas por múltiplos critérios, os quais são conflitantes, na maioria dos casos (Almeida, 2013; Gomes et al., 2002).

Na sequência desta seção, serão apresentados dois métodos multicritério utilizados no apoio à tomada de decisão.

2.6.1 MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

O método *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) foi, originalmente, desenvolvido pelo professor Thomas L. Saaty no início da década de 1970, sendo este um método multicritério mais utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisões e na solução de conflitos, em problemas de múltiplos critérios (Bainha et al., 2018). Esta forma utilizada é constituída por um objetivo, critérios de desempenho, subcritérios de desempenho (se necessários) e possíveis alternativas de decisão (Saaty, 2008).

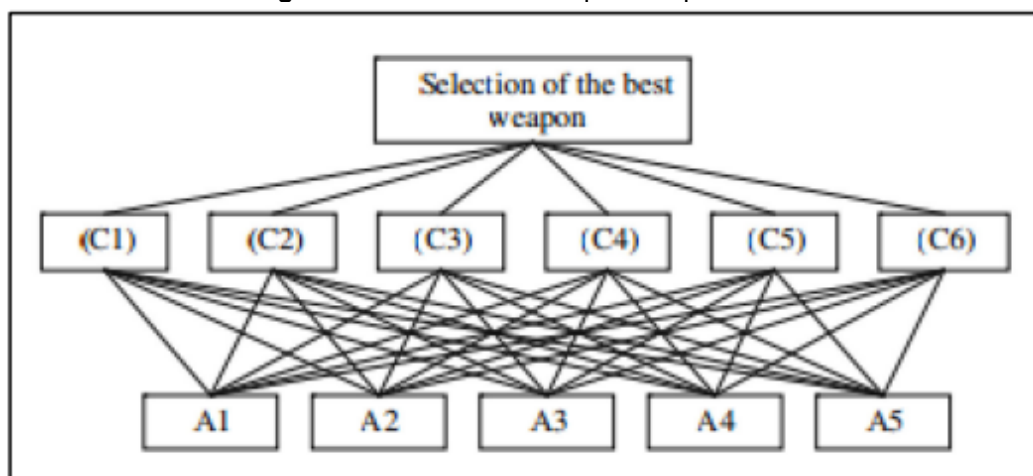
O método considera um conjunto de critérios e outro de alternativas de decisão. Destas alternativas, a melhor solução será encontrada levando em conta que os critérios utilizados no processo de julgamento possuem diferentes importâncias para os decisores envolvidos (Dozic et al., 2014).

Assim, três princípios conduzem a resolução de problemas com a aplicação do *AHP*: a decomposição, julgamentos comparativos e síntese de prioridades (Saaty, 1990). Por meio destes princípios, o método *AHP* proporciona uma matemática

objetiva para verificar as preferências subjetivas e pessoais de um determinado indivíduo ou grupo ao se tomar uma decisão (Saaty, 1991).

O primeiro princípio afirma que o problema deve ser estruturado em níveis hierárquicos de tal modo a possibilitar uma melhor compreensão e avaliação das relações existentes entre o objetivo do estudo, os critérios de desempenho e as alternativas de decisão (Gomes, 2019). Em um primeiro momento deve-se definir o objetivo, depois criar os critérios globais e específicos, como mostra a figura abaixo.

Figura 7 – Estrutura Hierárquica do problema.



Fonte: Dağdeviren; Yavuz; Kilinc (2009).

O segundo princípio se refere aos julgamentos paritários entre os critérios de desempenho e as alternativas de decisão. Esse modelo busca priorizar os critérios e subcritérios mediante a percepção do julgador. O julgamento é realizado par a par conforme a escala de importância estudada por Saaty (1990), conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Escala de avaliação do AHP

| ESCALA | AVALIAÇÃO | RECÍPROCO |
|----------------------------|-----------|-----------|
| Extremamente preferido | 9 | 1/9 |
| Muito forte ao extremo | 8 | 1/8 |
| Muito fortemente preferido | 7 | 1/7 |
| Forte a muito forte | 6 | 1/6 |
| Fortemente preferido | 5 | 1/5 |
| Moderado a forte | 4 | 1/4 |

| | | |
|-------------------------|---|-----|
| Moderadamente preferido | 3 | 1/3 |
| Igual a moderado | 2 | 1/2 |
| Igualmente preferido | 1 | 1 |

Fonte: Saaty e Shih (2009)

O terceiro princípio consiste em analisar a consistência dos julgamentos realizados. Após o processo realizado, calcula-se o índice de consistência (IC) com o emprego do λ_{max} , obtido por: $IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ e na formalização, calcula-se também a razão de consistência (RC) aplicando-se em: $CR = IC/IR$. O índice randômico (IR) é obtido por meio de simulação e sintetizado na Tabela 2, e em geral, uma consistência que se pode aceitar é o $RC \leq 0,10$ (Saaty, 1991).

Tabela 6 – Índice randômico

| n | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| IR | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Fonte: Saaty (1991)

Ao desenvolver estes cálculos é possível analisar a consistência do julgamento diante a percepção do julgador, notando se eles estão logicamente relacionados (Saaty, 2008).

O método *AHP*, portanto, é capaz de agregar a importância dos critérios de desempenho e a medida de importância das alternativas de decisão em uma única medida, construída a partir de julgamentos paritários para ranquear as alternativas de decisão (Bakar et al., 2018).

2.6.2 MÉTODO DEMATEL

O método *Dematel* é um método de decisão multicritério desenvolvido por Fontela e Gabus (1974, 1976) na *Science and Human Affairs Program of the Battelle Memorial Institute of Geneva* na década de 1970 com foco na pesquisa e resolução de problemas de grupos complexos e interligados. A utilização da hierarquia na construção das estruturas embasadas em método de pesquisa científica contribui para que se identifique as deficiências e encontre as soluções para esses problemas que entre seus fatores possui componentes diversos e relações de influência entre si (Tzeng et al., 2007).

As contribuições do método para os modelos de decisão multicritério são a explicitação de interações entre fatores do espaço-problema, a descoberta da intensidade relacional entre esses fatores e a visualização das relações de causa e efeito entre esses fatores. Especialistas são consultados para a observância dos fatores hegemônicos do sistema analisado, destrinchando os fatores-causa e os fatores-efeito, fornecendo uma representação visual da maneira como o entrevistado enxerga o mundo (Tzeng et al., 2007). Para apresentar a aplicação do método Dematel, é necessário dividi-lo em seis passos:

1- Realizar avaliação dos fatores com especialista que possua atuação profissional e/ou acadêmica no domínio de interesse da pesquisa. Ele irá avaliar as relações de influência conforme os elementos elencados por meio da sistemática de comparação paritária seguindo a tabela abaixo.

Tabela 7 – Escala de avaliação da influência entre fatores

| Grau de influência | Valor numérico |
|---------------------------|-----------------------|
| Sem influência | 0 |
| Baixa influência | 1 |
| Média influência | 2 |
| Alta influência | 3 |
| Muito alta influência | 4 |

Fonte: HSU, Chia-Wei et al. (2013)

Considerando a análise desses dois fatores distintos i e j , a variável que receberá o grau de influência será x_{ij} . Ao final da avaliação, a resposta do especialista será associada a uma matriz quadrada de ordem- n , não negativa, onde n é a quantidade de fatores do sistema analisado. Essa matriz é denominada x_{ij}^k , onde k referencia a resposta de cada especialista. Sabendo então que k não pode ser menor que 1, pois é necessário que pelo menos um especialista responda a pesquisa, têm-se:

$$Z = Z_{ij} = \frac{1}{m} * \sum_{k=1}^m x_{ij}^k$$

2- Uma matriz normalizada D será resultante da matriz Z pela aplicação de uma constante de normalização que fará com que cada elemento que constitua a matriz D esteja no intervalo [0,1]. A constante de normalização é representada por λ :

$$\lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |z_{ij}|}, \frac{1}{\max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n |z_{ij}|} \right]$$

Onde:

$$D = \lambda * Z$$

$$[d_{ij}]_{n \times n} = \lambda * [z_{ij}]_{n \times n}$$

3-Quantificar a influência total entre os fatores encontrando os efeitos totais que um determinado fator provoca e recebe do sistema.

$$\lim_{m \rightarrow \infty} D^m = [0]$$

Resolvendo a equação acima, obtém-se a matriz de relações totais (direta e indireta) T.

$$T = D * (1 - D)^{-1}$$

4- Calcular a intensidade de efeitos provocados e recebidos na matriz de efeitos totais.

$$r = [r_i]_{n \times 1} = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right)_{n \times 1}$$

$$c = [c_i]'_{n \times 1} = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right)'_{n \times 1}$$

r_i representa os efeitos totais diretos e indiretos, provocados pelo fator i aos outros fatores

c_i pelo fator j .

A combinação entre os efeitos provocados e recebidos pelos fatores conferem a eles características importantes em relação ao papel que desempenham no sistema. Nesse cenário, algumas hipóteses são possíveis:

Hipótese 1: um fator i provoca mais efeitos do que recebe, se qualificando como um fator-causa no sistema.

$$r_i > c_i$$

$$r_i - c_i > 0$$

Hipótese 2: um fator i qualquer recebe mais efeitos do que nele provoca, se qualificando como um fator-efeito no sistema.

$$r_i < c_i$$

$$r_i - c_i < 0$$

5-Alguns efeitos podem ser ocultados na construção do mapa de influência do Dematel. É necessário definir um limiar de análise α para o mapa de influência:

$$\alpha = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [t_{ij}]$$

Onde N representa o número total de elementos da matriz T .

6-Consiste na construção do mapa de influência, representação de um diagrama das relações de causa e efeito que ilustra a complexidade do resultado obtido pelo Dematel. Sua construção se dá no plano cartesiano sendo plotadas as coordenadas de cada fator analisado.

$$F_i(r_i + c_i; r_i - c_i)$$

Onde

F_i : i-ésimo fator do sistema em análise;

$(r_i + c_i)$: efeitos totais provados pelo i-ésimo fator no sistema;

$(r_i - c_i)$: efeito resultante provocado pelo i-ésimo fator no sistema.

3 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção os resultados obtidos são apresentados com a execução das fases de concepção do modelo e estudo de caso, fases que são necessárias para a construção e aplicação do modelo de avaliação diagnóstica sobre governança, maturidade e interoperabilidade de dados dentro de uma cadeia de suprimentos (DIM2).

A seção 3.2 apresenta a concepção do modelo DIM2, detalhando sua arquitetura suportada pelos modelos *DMM* e *DIMM* descritos no referencial teórico e suportada pelos métodos multicritério de apoio à decisão *Analytic Hierarchy Process (AHP)* e *DEMATEL*, também descritos no referencial teórico.

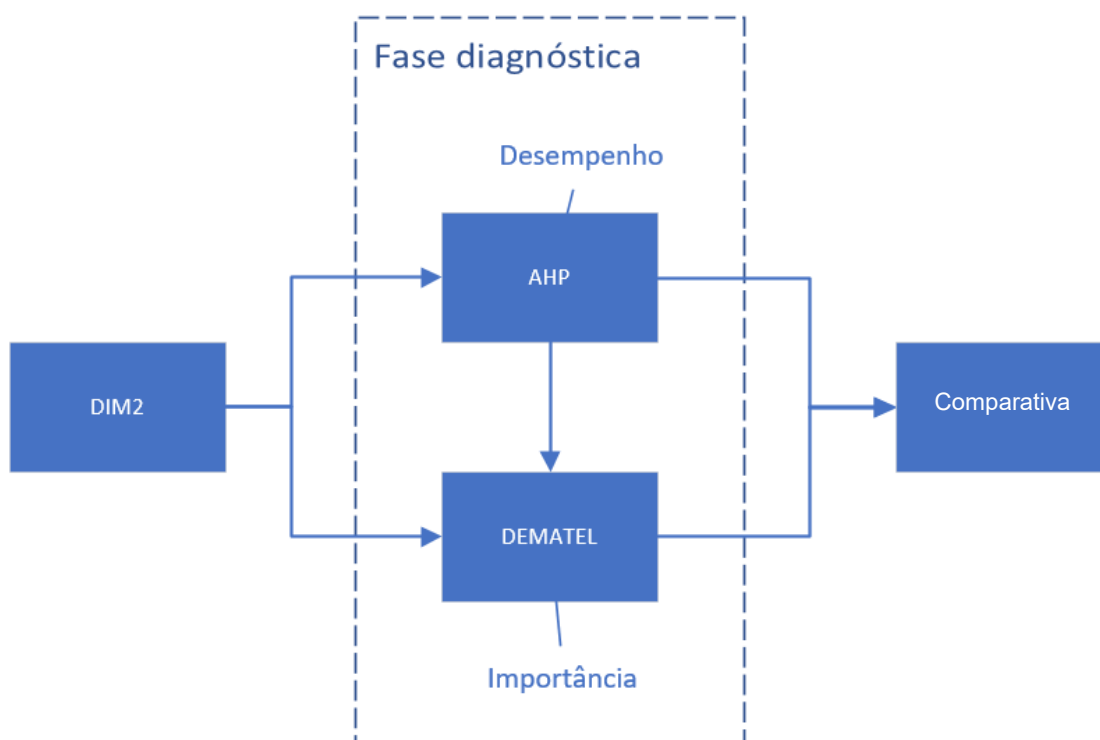
Esse novo modelo, DIM2, surge como uma fusão entre os outros dois apresentados na seção 2.5, elaborado para setorizar os pilares em relação as suas semelhanças conceituais e mostrar um maior potencial de abrangência da gestão, comunicação, qualidade na operação, e interoperabilidade dos dados.

A construção se deu na comparação par a par de cada tópico da estrutura e seus níveis de maturidade preservando aqueles com maior grau de influência para o sistema que se espera analisar e reorganizando em duas macroestruturas que serão vistas na seção 3.2.1. Do *DMM*, foi aproveitado toda a governança de dados, gestão da qualidade e o monitoramento do desenvolvimento de atividades executadas dentro do setor. Já o *DIMM*, além da interoperabilidade, traz tópicos importantes referente a comunicação de dados entre os setores e sociedade, e a segurança e proteção da informação.

A seção 3.3 traz a avaliação diagnóstica realizada com o modelo de maturidade recém apresentado juntamente com os métodos multicritério e a seção 3.4 descreve a aplicação do modelo DIM2 em uma organização da cadeia de suprimentos dentro

de uma indústria do setor automotivo de forma a observar o comportamento no apoio à tomada de decisão sobre quais tecnologias e/ou ações devem ser mantidas, aprimoradas ou eliminadas em comparação a *Smart Supply Chain*.

Figura 8 - Fluxo da fase diagnóstica.



Fonte: Autoria própria.

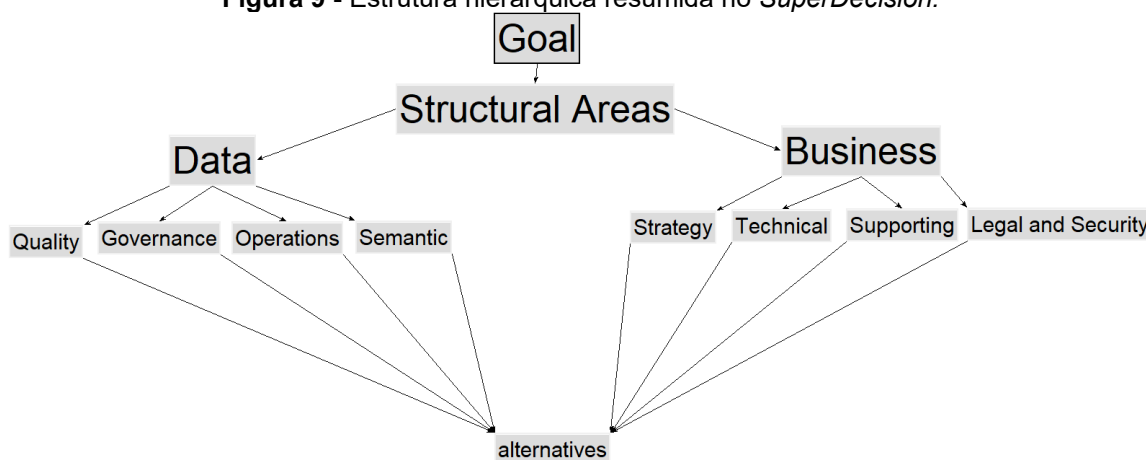
3.1 FERRAMENTAS UTILIZADAS

3.1.1 SUPERDECISIONS

O Super Decisions é um software criado pela Creative Decisions Foundation, fundação sem fins lucrativos mantida pelo grupo responsável pela manutenção do método ANP- ANP Team, e com feedback do Dr. Thomas Saaty, criador e idealizador do método *AHP* utilizado neste trabalho.

Ele é um sistema usado para tomada de decisões com base nos sistemas de decisão multicritério. Basicamente funciona como comparação par a par dos elementos analisados e em seguida normalização das medidas diretas para o alcance dos resultados da avaliação (Equipe ANP, 2013). Os elementos de decisão são agrupados em clusters, cada um contém alternativas e critérios, ou outros elementos de tomada de decisão. Os clusters são arranjados em redes com ligações entre todos os elementos. O *AHP* assume independência, seja entre o critério e as alternativas, ou entre o critério ou as alternativas.

Figura 9 - Estrutura hierárquica resumida no *SuperDecision*.

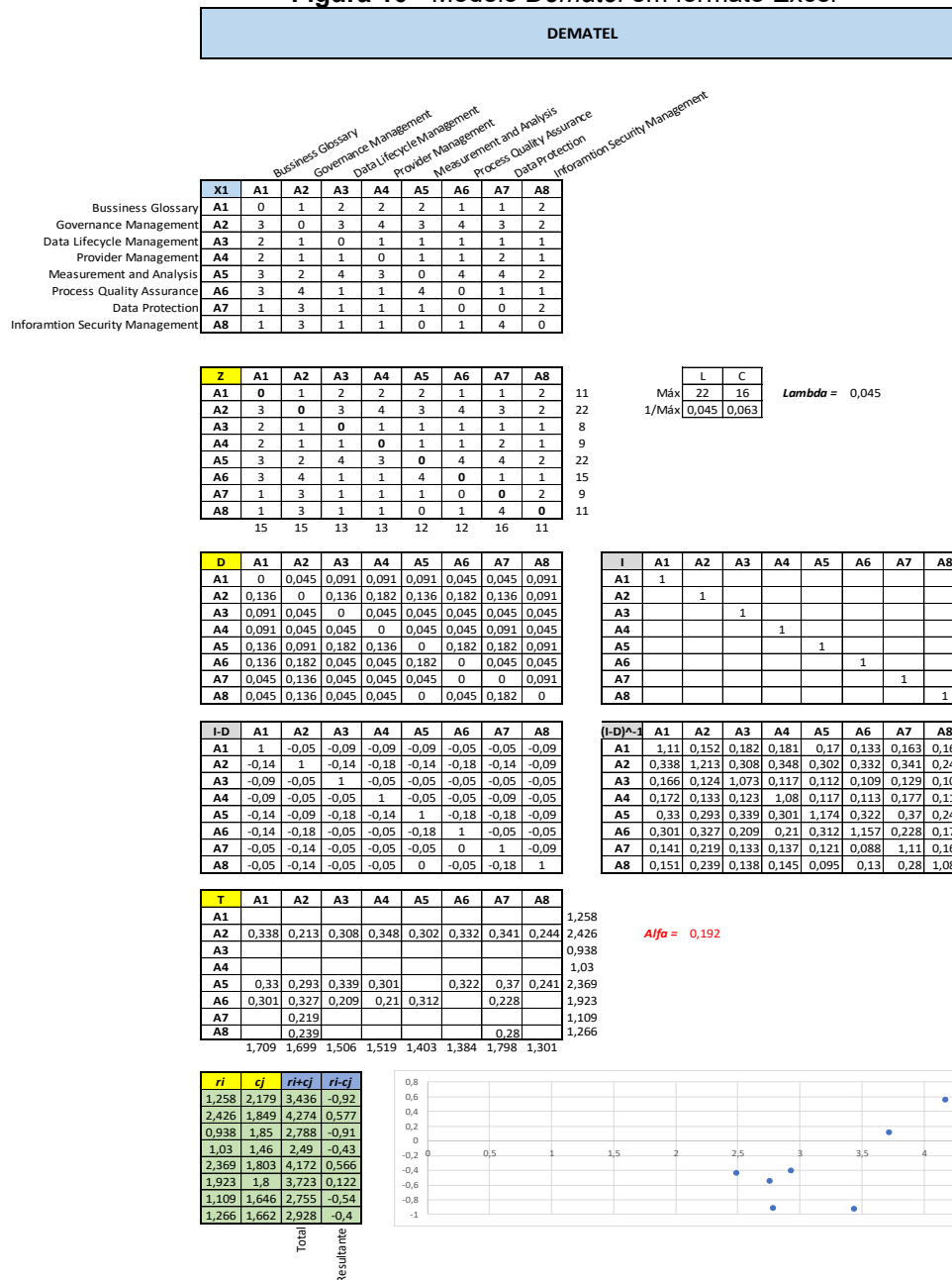


Fonte: Autoria própria.

3.1.2 MICROSOFT OFFICE EXCEL

O editor de planilhas produzido pela Microsoft em 1987 é o editor mais utilizado no mundo até hoje, ele é crucial para realização de cálculos estatísticos e criação de tabelas e gráficos e amplamente utilizado nas corporações pela sua simplicidade em programação e funcionalidade. Neste trabalho, o software foi utilizado para a modelagem das matrizes do *Dematel* e para construção da visualização gráfica do modelo.

Figura 10 - Modelo Dematel em formato Excel



Fonte: adaptado Pedro Gomes (2019)

3.2 CONCEPÇÃO DO MODELO

O modelo DIM2 é estruturado através de uma mescla entre os frameworks *DMM* e *DIMM*, onde observou-se uma grande sinergia e equivalência entre os pilares dos dois modelos e essa mescla objetivou atender todas as dimensões que envolvam governança, maturidade e interoperabilidade de dados.

O *framework* resultante (DIM2) é composto por duas etapas: a primeira avaliativa e a segunda propositiva. A etapa de avaliação visa detectar a maneira que uma organização planeja e executa suas ações voltadas à governança, maturidade e interoperabilidade e, desta forma, evidencia o estado atual por meio dos resultados obtidos com o método AHP.

A segunda etapa tem por objetivo indicar quais são as tecnologias mais relevantes que a organização avaliada deve atacar para que suas deficiências identificadas na fase anterior sejam aprimoradas. A indicação de tecnologias relevantes permite que a empresa planeje e construa de forma racional o seu estado futuro.

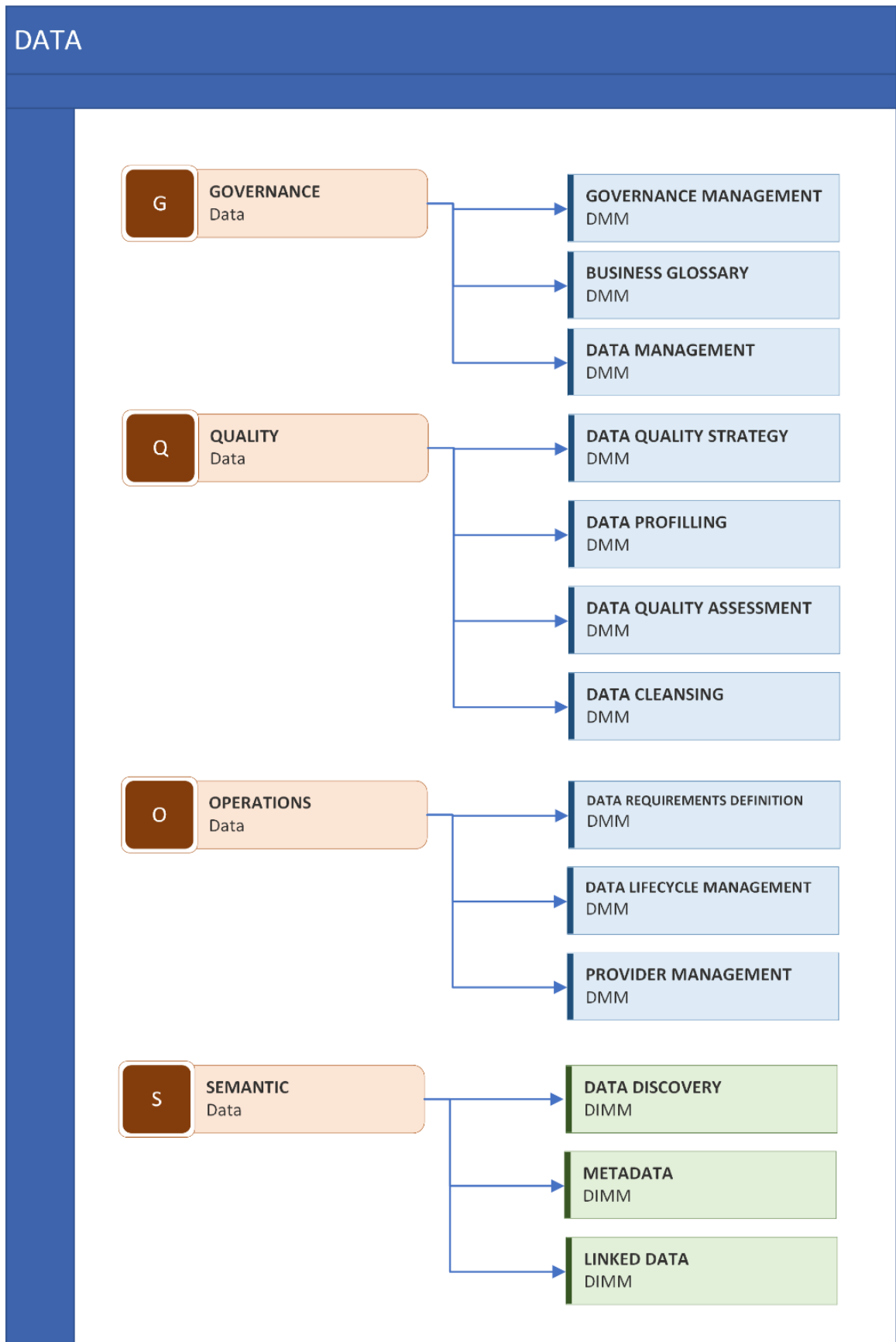
Com estas etapas, o *framework* DIM2 pode ser aplicado e reaplicado sempre que necessário após a escolha de alguma tecnologia, contribuindo para o processo de melhoria contínua na transformação digital.

3.2.1 FRAMEWORK DIM2

Abrindo os modelos *DMM* e *DIMM*, estruturam-se dois grandes pilares através das categorias que possuem maior similaridade de características segundo a sua definição e que possam abarcar toda a pesquisa que será desenvolvida nos próximos passos. O primeiro pilar *Data*, está relacionado a semântica, operação, qualidade e governança dos dados. Já no segundo pilar *Business*, foram inseridas diversas bases que podem suportar a análise e a orientação da companhia em relação à sua estratégia de dados com planos de negócio, requisitos legais e ferramentas.

3.2.1.1 PILAR DATA

O pilar *Data* engloba o que está relacionado a governança, qualidade, operação e semântica dos dados, sendo composto por quatro categorias e treze áreas de processo, distribuídas conforme o fluxo apresentado na figura 10, ainda na figura 10 é possível identificar o *framework* original de cada área de processo.

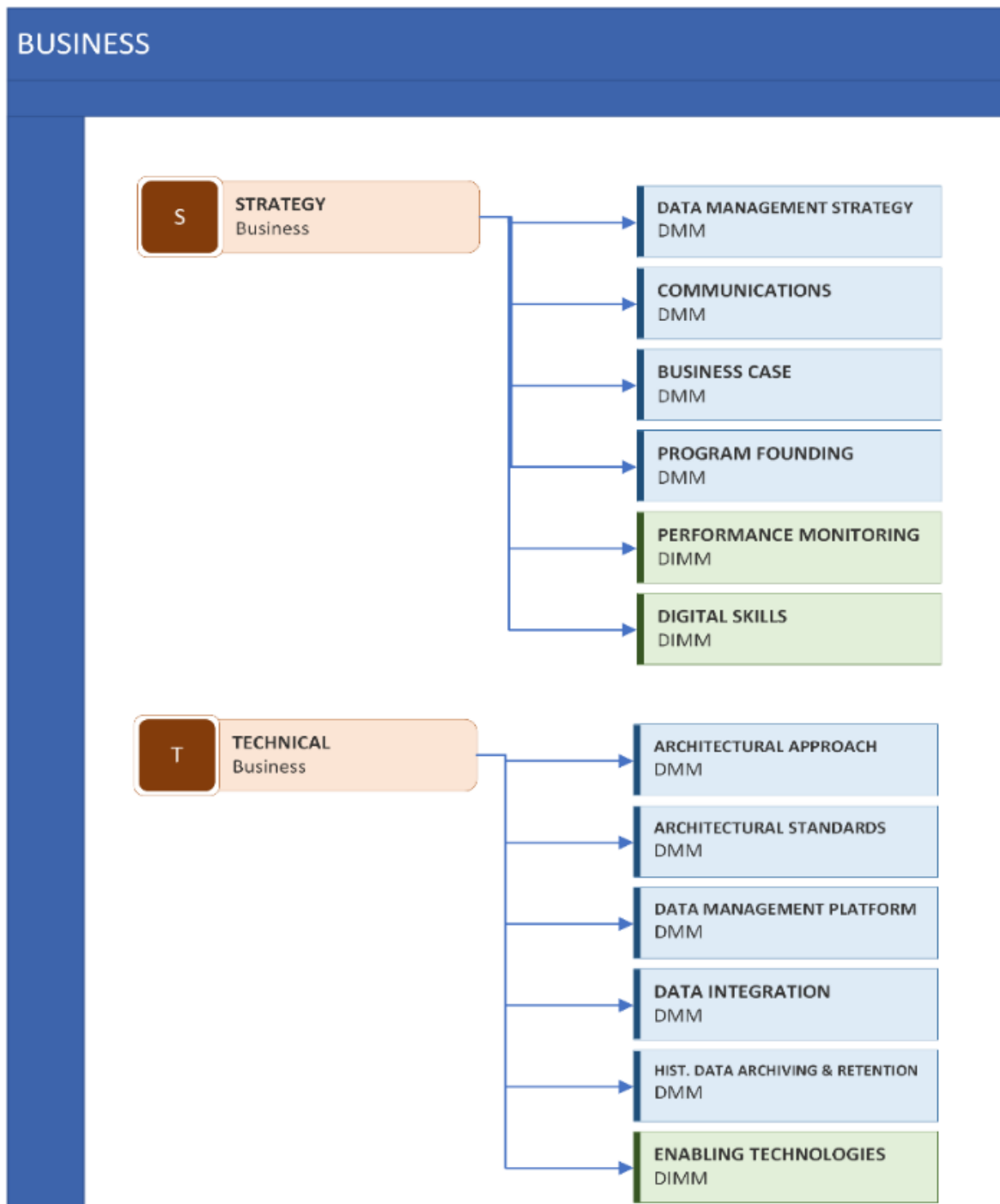
Figura 11 – Pilar *Data* DIM2.

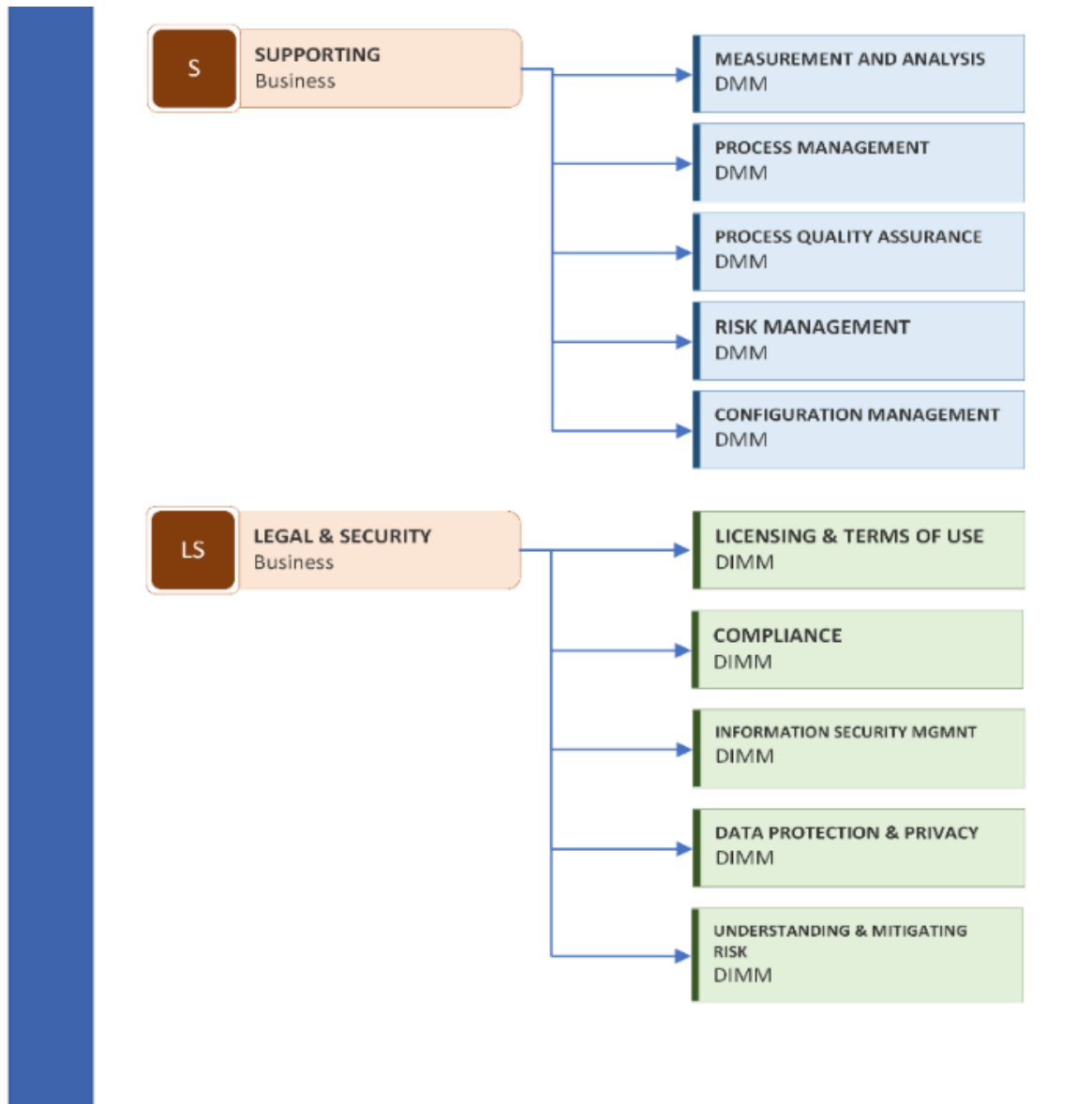
Fonte: Autoria própria.

3.2.1.2 PILAR *BUSINESS*

O pilar *Business* engloba o que está relacionado a estratégia de dados, arquitetura de sistemas, processos de medição e suporte e requisitos legais, sendo composto por quatro categorias e vinte e duas áreas de processo, distribuídas conforme o fluxo apresentado na figura 1, na mesma figura 11 é possível identificar o *framework* original de cada área de processo.

Figura 12 – Pilar Data DIM2.





Fonte: Autoria própria.

3.3 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

A fase diagnóstica é composta por duas etapas de avaliação, uma para identificar o nível de desempenho e o outro o nível de importância. A primeira análise utiliza do método *AHP* para comparar os pilares propostos nas seções anteriores com o intuito de identificar os pontos mais desenvolvidos e o a segunda utiliza o método *DEMATEL* para identificar o nível de importância, mostrando quais pontos influenciam e quais são influenciados.

3.3.1 MÉTODO AHP

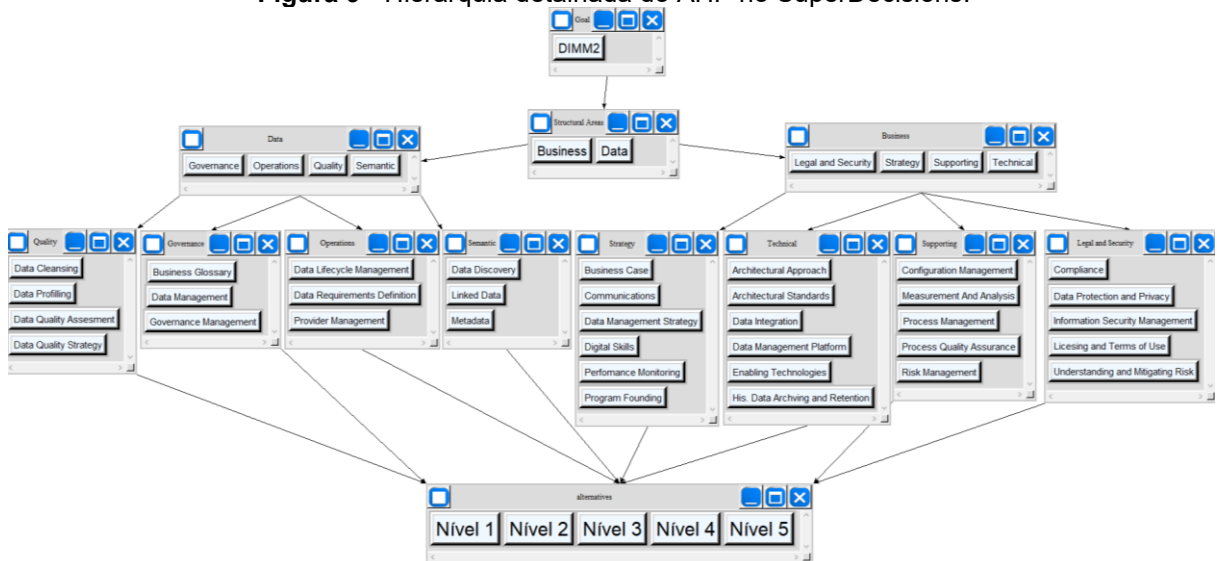
A primeira etapa de avaliação diagnóstica tem como principal objetivo identificar o estado atual da organização utilizando a comparação entre os pilares resultantes da mescla entre as metodologias mostrado anteriormente. Para isso, o método de avaliação multicritérios organiza os pilares de maneira hierárquica.

A primeira camada é a definição entre os pilares *Data* e *Business*. Cada um com suas áreas relacionadas, para o pilar de *Data*, tem-se a área *Governance*, *Operations*, *Quality* e *Semantic* formando no conjunto um *cluster* no *software SuperDecisions* para na sequência ser analisado. E para o pilar de *Business* tem-se as áreas *Legal and Security*, *Strategy*, *Technical* e *Supporting* que da mesma maneira que para o pilar anterior, cada área forma um *cluster*.

A estratificação de cada área pertencente ao pilar principal, vem na segunda camada onde cada área possui um *cluster* com seus critérios de acordo com a modelo criando anteriormente.

A estruturada de *clusters* é utilizada na ferramenta para segregar os pesos de cada pilar e seus critérios, de tal maneira, individualmente cada critério tem seu impacto na análise.

Figura 9 - Hierarquia detalhada do AHP no SuperDecisions.



Fonte: Autoria própria.

Para a comparação entre cada critério e área foi utilizado uma escala de importância que obedece a tabela 9 com o intuito de ser utilizada para quantificar a importância dada pela organização para cada critério e/ou pilar. Tal tabela tem similaridade com a tabela 6, mostrada anteriormente, modificada com o intuito de facilitar a compreensão do avaliador que fará a avaliação do questionário proposto para o estudo e análise do método.

Tabela 8 - Escala utilizada no estudo.

| Avaliação de importância | |
|--------------------------|--|
| Escala | Significado |
| 1 | Área/Pilar a esquerda é extremamente mais importante que a Área/Pilar a direita |
| 2 | Área/Pilar a esquerda é muito mais importante que a Área/Pilar a direita |
| 3 | Área/Pilar a esquerda é moderadamente mais importante que a Área/Pilar a direita |
| 4 | Área/Pilar a esquerda é um pouco mais importante que a Área/Pilar a direita |
| 5 | Igualmente importante |
| 6 | Área/Pilar a direita é um pouco mais importante que a Área/Pilar a esquerda |
| 7 | Área/Pilar a direita é moderadamente mais importante que a Área/Pilar a esquerda |

| | |
|----|---|
| 8 | Área/Pilar a direita é muito mais importante que a Área/Pilar a esquerda |
| 9 | Área/Pilar a direita é extremamente mais importante que a Área/Pilar a esquerda |
| 10 | Área/Pilar a direita é extremamente mais importante que a Área/Pilar a esquerda |

Fonte: Autoria própria.

Os parâmetros resultantes da avaliação são inseridos no Software SuperDecisions por meio do menu “*Pairwise comparison*” que conta com três partes, na qual a primeira é responsável por identificar o que será parametrizado, a segunda é onde os parâmetros serão inseridos e a terceira mostra o resultado da parametrização como mostrado na figura abaixo.

Figura 10 – Print screen do menu de comparação do software utilizado.

The screenshot shows the SuperDecisions software interface for pairwise comparisons. It is titled "Comparisons for Super Decisions Main Window: DIMM2.sdmod".

1. Choose: Shows "Node Cluster" set to "Business" and "Cluster: Structural Area~".

2. Node comparisons with respect to Business: Displays a comparison matrix for "Comparisons wrt 'Business' node in 'Business' cluster". The text states "Legal and Security is extremely more important than Strategy". The matrix shows pairwise comparisons between nodes:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| 1. Legal and Secur~ | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 |
| 2. Legal and Secur~ | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 |
| 3. Legal and Secur~ | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 |
| 4. Strategy | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 |
| 5. Strategy | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 |
| 6. Supporting | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 |

3. Results: Shows the calculated weights for each node:

| | |
|------------|---------|
| Legal and- | 0.67500 |
| Strategy | 0.07500 |
| Supporting | 0.22500 |
| Technical | 0.02500 |

 The inconsistency is 0.49938.

Fonte: Autoria própria.

A condução do avaliador por meio das 104 perguntas que auxiliam a análise de cada pilar foi feita por meio de um formulário da plataforma Google. Além do formulário, de maneira a suportar as dúvidas a respeito de cada tópico, contou-se com a presença de um dos autores no momento da resposta do formulário. Tal ferramenta foi utilizada para facilitar a captação das respostas junto ao avaliado no momento da pesquisa, e posteriormente os dados foram inseridos no software para análise.

Para a seleção do avaliador, foi considerado alguns critérios a fim de deixar a análise mais confiável e precisa. Os tópicos considerados estão listados abaixo:

- Tempo de experiência na área;
- Tempo de experiência no setor analisado;

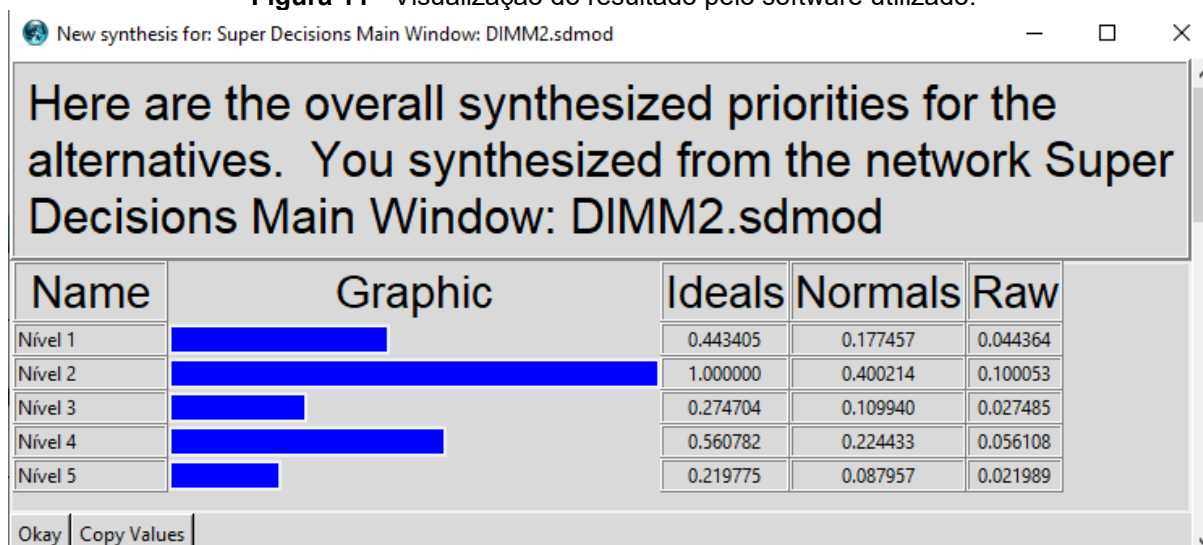
- Função atual.

Por tanto, o avaliador selecionado a partir desses critérios apresenta mais de 10 anos de anos de experiência na área e 8 anos de experiência no setor em análise. Atualmente, sua função é de Analista de Negócios de TI.

Previamente os conceitos resultantes da mescla dos modelos foram passados para o avaliador ter ciência sobre os temas abordados. A avaliação foi conduzida com o acompanhamento de um dos autores deste trabalho caso dúvidas surgissem a respeito dos conceitos ou perguntas.

Com a conclusão da avaliação feita pelo avaliador, as respostas foram inseridas no software para análise da consistência, a qual pode prejudicar a análise caso ultrapasse de 10% indicando que o avaliador não foi consistente na resposta do questionário. Porém não houve inconsistência apontada pelo software quanto as respostas do avaliador. Por tanto, o resultado do estado atual em relação ao nível de maturidade do setor é mostrado na imagem abaixo retirada da ferramenta.

Figura 11 - Visualização do resultado pelo software utilizado.



Fonte: Autoria própria.

Tendo com destaque o nível 2 foi predominante de acordo com a perspectiva do avaliador através das respostas dada ao questionário. Tal resultado indica, de acordo com os *frameworks* analisados nas seções anteriores, um nível de conhecimento geral sobre os conceitos das áreas sendo, na maioria das vezes, suficiente para identificar falhar e oportunidades de melhoria a uma perspectiva ampla.

3.3.2 DEMATEL

A segunda etapa da fase diagnóstica conta com a metodologia de análise *Dematel*. Visando identificar quais elementos influenciam mais que outros e quais são mais influenciáveis do que outros. Resultando por mostrar o nível de importância dos critérios analisados.

Para tal análise, utilizou-se de uma planilha excel com fórmulas pré-montadas respeitando os cálculos matemáticos do método com o intuito de otimizar e melhorar a análise do estudo. (Gomes, 2019)

O método conta com a comparação par a par entre critérios, que nesse caso, serão os critérios analisados previamente na metodologia AHP. Ao total são 35 critérios a serem analisadas o que geraria uma matriz de comparação 35x35 e por esse motivo foi optado em aplicar o método somente para os 8 critérios.

Com a finalidade de ter mais precisão na análise, os critérios foram selecionados na visão do avaliador, com a perspectiva de obter os mais importantes, para então serem utilizados na metodologia.

Os critérios selecionados foram:

- *Bussiness Glossary*
- *Governance Management*
- *Data Lifecycle Management*
- *Provider Management*
- *Measurement and Analysis*
- *Process Quality Assurance*
- *Data Protection*
- *Information Security Management*

Com as áreas selecionadas, um novo formulário foi criado na mesma plataforma que o anterior, e foi utilizado para identificar junto ao avaliador quais áreas tem mais influência sobre outras. Para tal análise foi utilizada a tabela 8.

Com as respostas do avaliador a planilha com o comparativo foi preenchida de maneira mostrado na figura abaixo.

Figura 12 – Print screen da matriz de comparação extraída do modelo Excel.

| | X1 | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Business Glossary | A1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| Governance Management | A2 | 3 | 0 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| Data Lifecycle Management | A3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Provider Management | A4 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Measurement and Analysis | A5 | 3 | 2 | 4 | 3 | 0 | 4 | 4 | 2 |
| Process Quality Assurance | A6 | 3 | 4 | 1 | 1 | 4 | 0 | 1 | 1 |
| Data Protection | A7 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Information Security Management | A8 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 | 0 |

Fonte: Autoria própria.

Com os dados no Excel, as demais etapas foram calculadas envolvendo os passos matemáticos presente no método e resultando a tabela com os índices totais e resultantes.

Figura 13 – Print screen da matriz resultante do modelo Excel.

| T | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | ri | cj | ri+cj | ri-cj |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| A1 | | | | | | | | | 1,26 | 2,18 | 3,44 | -0,92 |
| A2 | 0,338 | 0,213 | 0,308 | 0,348 | 0,302 | 0,332 | 0,341 | 0,244 | 2,43 | 1,85 | 4,27 | 0,58 |
| A3 | | | | | | | | | 0,94 | 1,85 | 2,79 | -0,91 |
| A4 | | | | | | | | | 1,03 | 1,46 | 2,49 | -0,43 |
| A5 | 0,33 | 0,293 | 0,339 | 0,301 | | 0,322 | 0,37 | 0,241 | 2,37 | 1,80 | 4,17 | 0,57 |
| A6 | 0,301 | 0,327 | 0,209 | 0,21 | 0,312 | | 0,228 | | 1,92 | 1,80 | 3,72 | 0,12 |
| A7 | | 0,219 | | | | | | | 1,11 | 1,65 | 2,76 | -0,54 |
| A8 | | 0,239 | | | | | 0,28 | | 1,27 | 1,66 | 2,93 | -0,40 |

Fonte: Autoria própria.

Por meio desse resultado é possível perceber quais áreas influenciam as outras. Tendo um alfa de 0,192 o qual limita a análise para quais índices são considerados e quais não são. Na tabela acima, os índices em valores em branco estão abaixo do alfa e por isso são desconsiderados como influenciadores na análise.

A partir desse resultado, é possível notar a influência dos critérios A2 e A5, *Governance Management* e *Measurement and Analysis* respectivamente, os quais apresentaram índices resultantes mais elevados indicando que possuem um alto impacto nos outros critérios.

Além dessa análise, ainda sobre a perspectiva dos critérios *Governance Management* e *Measurement and Analysis*, com a tabela, também é possível identificar quais e quantos critérios influenciam esses dois elementos. No caso específico do critério *Governance Management*, há influência de 4 elementos além de uma alta influência. Já no caso do critério *Measurement and Analysis*, que conta com somente outros dois critérios influenciando a si mesmo. Com isso, pode-se observar que o segundo elemento tem maior importância quando comparado com o primeiro, e com os outros vistos que seus índices estão muito distantes.

Com essa perspectiva, é critério de *Measurement and Analysis* se sobressai como mais impactante dentre os outros critérios e merece um ponto de atenção particular visto que com melhorias e desenvolvimentos relacionados a esses critérios, os demais também serão impactados.

Para melhor visualização desse resultado um gráfico mostrando a relação entre os critérios foi plotado e é mostrado a seguir.

Figura 14 - Comparativo entre critérios influenciadores e influenciados.



Fonte: Autoria própria.

Com os resultados obtidos por meio dessa análise é possível identificar qual área tem mais influência além de encontrar impactos consequentes de mudanças em

áreas influenciadoras com objetivo de minimizar esforço evitando modificações em áreas influenciadas por outras consideradas mais importantes.

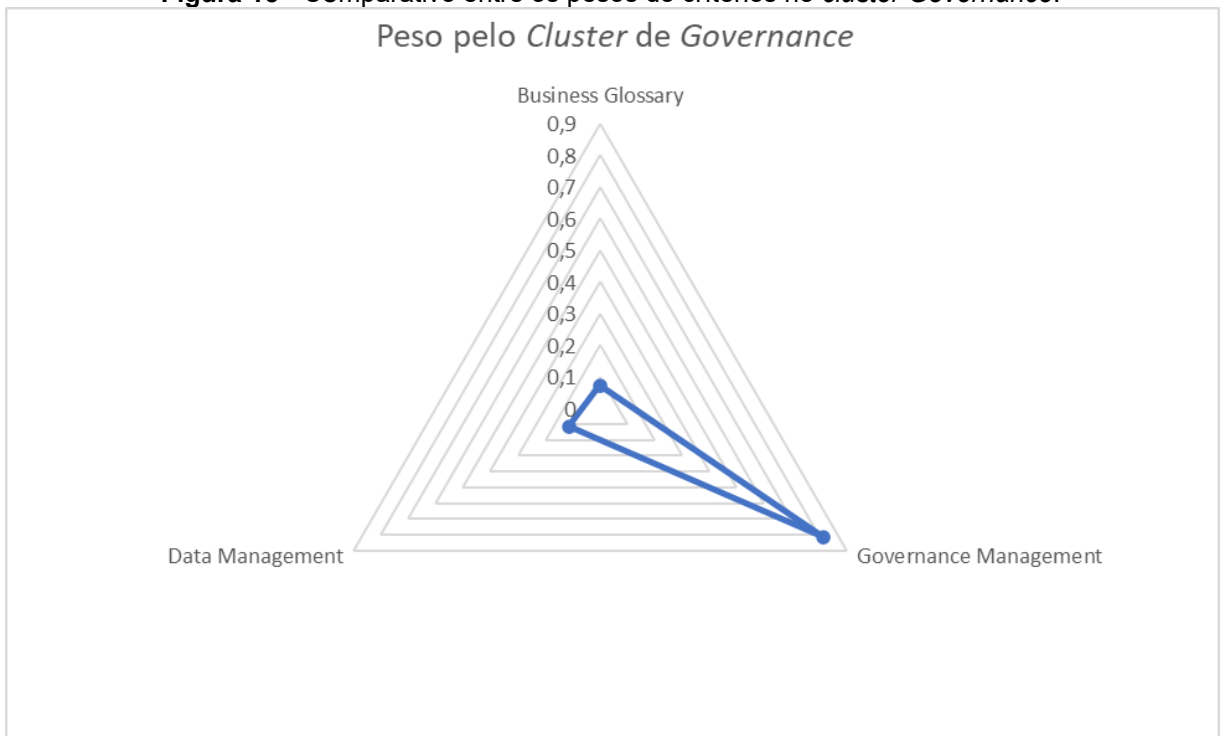
Um ponto a ser levado em consideração é que o resultado apresenta a perspectiva do avaliador, e uma vez que as respostas são individuais, elas podem influenciar o resultado da pesquisa de acordo com a visão do avaliador. Para minimizar esse risco a aumento do número de avaliadores pode ser considerado já que as respostas são individuais, e a partir das médias calculadas das repostas de diferentes avaliadores, um novo resultado pode ser gerado.

3.4 CASO DE APLICAÇÃO

Com o resultado de ambos os métodos é possível analisar pontos característicos e identificar como um estudo pode se relacionar ao outro. Tendo como objetivo identificar áreas com oportunidades de melhorias para alcançar mais maturidade em dados e interoperabilidade.

Analisando, inicialmente o resultado do método *AHP*, de maneira mais aprofundada em cada critério usado na análise posterior do *Dematel*, temos os seguintes valores de peso aplicado dentro dos *clusters* correspondentes de cada critério:

Figura 15 - Comparativo entre os pesos do critérios no *cluster Governance*.



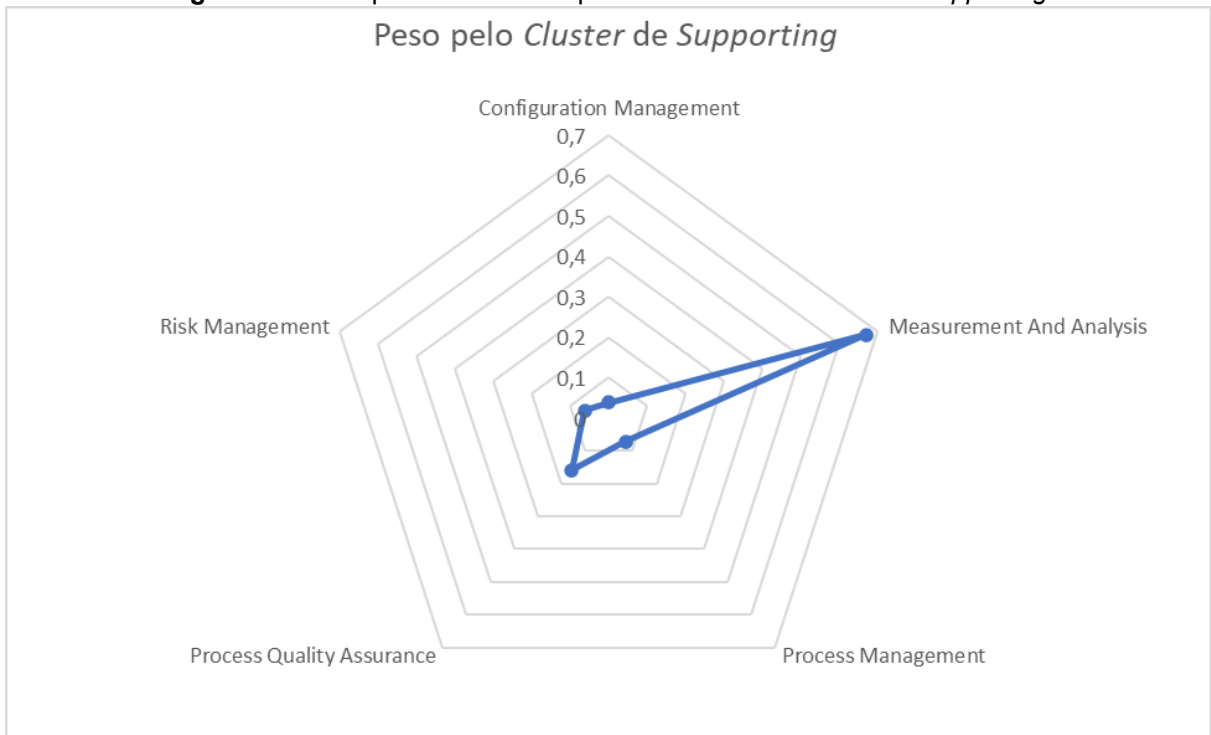
Fonte: Autoria própria.

Figura 16 - Comparativo entre os pesos do critérios no *cluster Operations*.



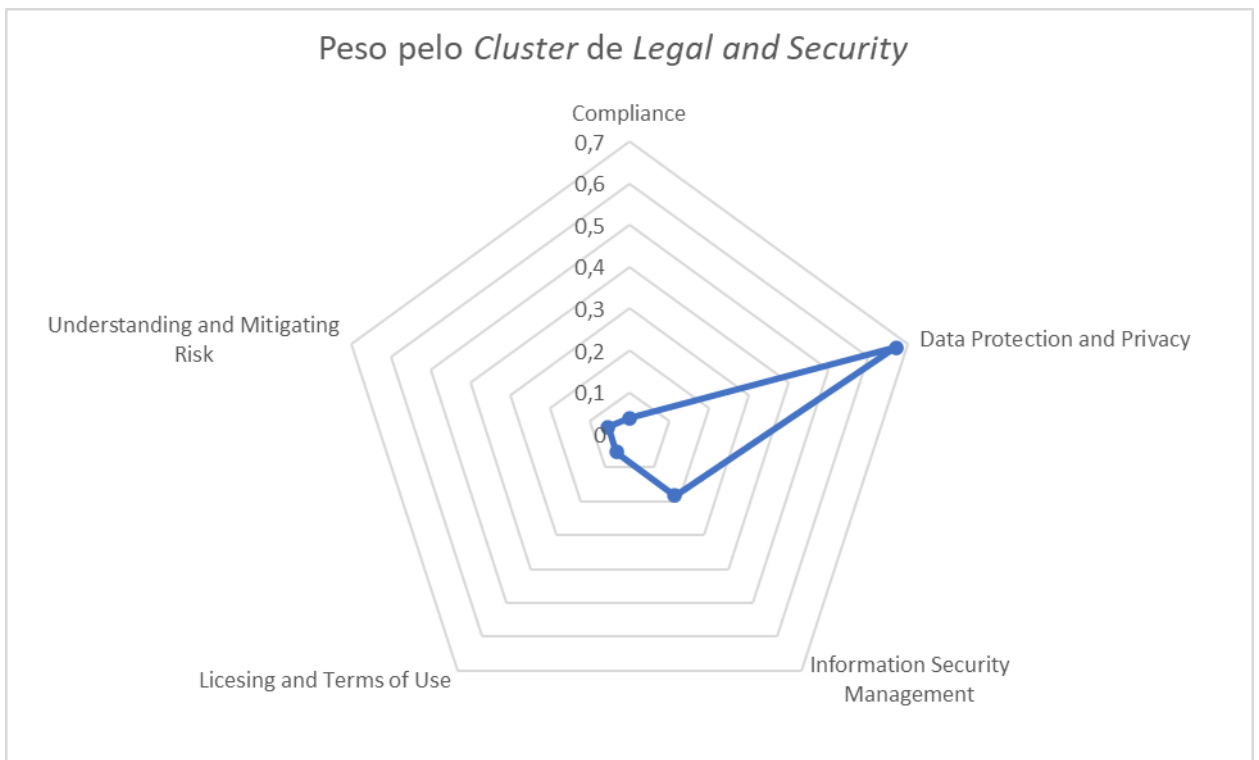
Fonte: Autoria própria.

Figura 17 - Comparativo entre os pesos dos critérios no *cluster Supporting*.



Fonte: Autoria própria.

Figura 18 - Comparativo entre os pesos dos critérios no *cluster Legal and Security*.

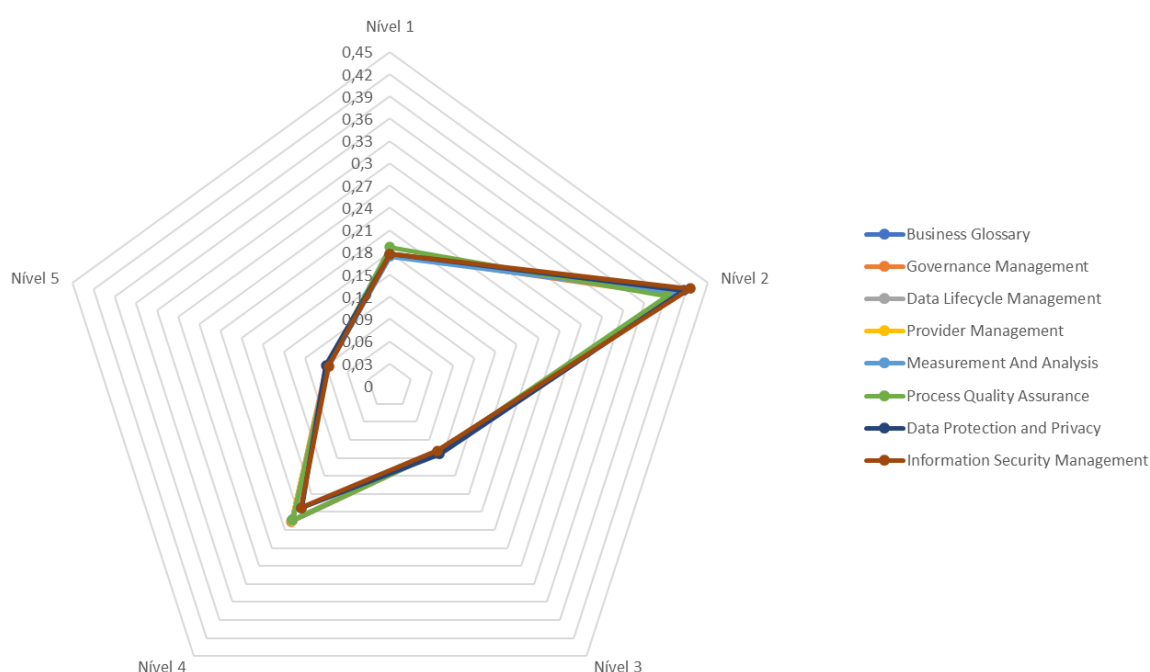


Fonte: Autoria própria.

Na maioria dos *clusters* analisados nos gráficos 19 a 22, pode-se notar um peso maior nos critérios considerados com maior importância pelo avaliador, o que, novamente, reforça a consistência nas respostas.

Outro ponto de análise é o nível de maturidade analisado de maneira individual para cada critério. Como mostrado no gráfico 23 abaixo, todos os oitos critérios apresentaram resultados muito aproximados em relação a todos os níveis de maturidade. Todos com ênfase maior no nível 2, porém a paridade é acompanhada nos outros níveis também.

Figura 19 - Comparativo entre os critérios e seus níveis resultantes.



Fonte: Autoria própria.

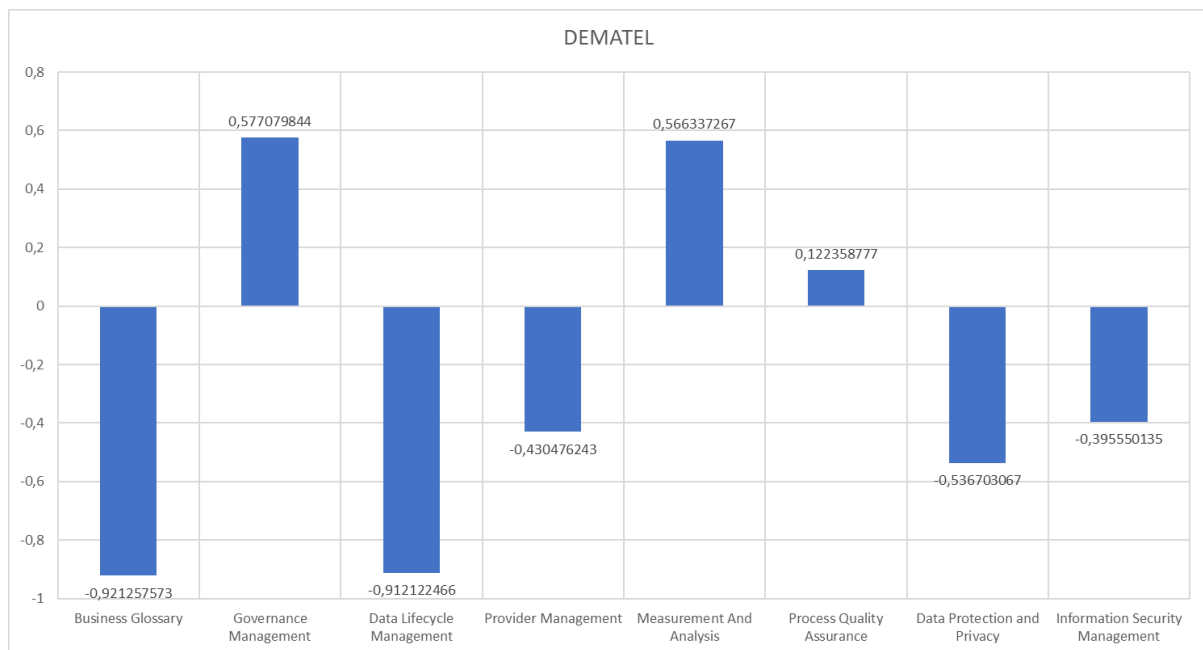
Pode-se notar uma sincronia entre as áreas selecionadas, ou seja, sem nenhum ponto mais desenvolvido que outro entre as áreas analisadas. Esse tipo de resultado é esperado quando a organização foca em nivelar as áreas antes de seguir para outros níveis de maturidade.

Um ponto de atenção no resultado mostrado acima, é que em todas as áreas, o resultado foi mais inclinado para o nível 4 do que para os níveis 1 e 3 o que não é esperado. Tal resultado pode ter relação com a estratégia da organização ter foco em

um nível de maturidade superior ao nível atual. Além dessa justificativa, tal resultado pode ter sido obtido de maneira imprecisa visto que não há uma avaliação assertiva já que a perspectiva do avaliador é individual.

Seguindo para os resultados do método *Dematel*, podemos notar a presença de três áreas influenciadoras enquanto as demais se comportam como influenciadas como mostra o gráfico abaixo:

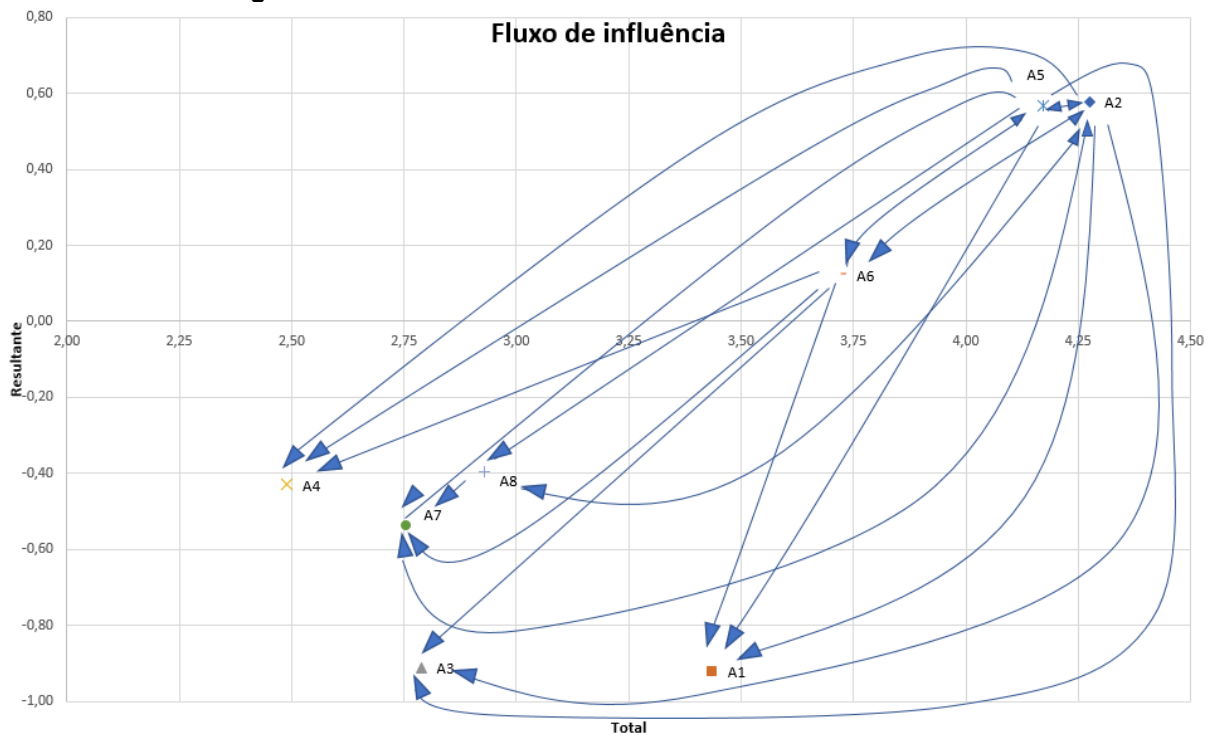
Figura 20 - Análise do índice resultante do método DEMATEL.



Fonte: Autoria própria.

Podendo interpretar esse resultado como, a área de *Governance Management* possui o maior índice de influência se comparar com os outros sete critérios sem levar em consideração as influências que ele recebe dos outros elementos. Já quando o fluxo de influência entre os critérios é levado em consideração, como é mostrado no gráfico abaixo, uma análise mais completa pode ser feita. Observando os elementos que influenciam o critério *Governance Management* nota-se que apesar de ser um elemento que influencia vários outros critérios, ele também é muito influenciado. Tal comportamento não é visto no critério de *Measurement and Analysis* o qual apresenta um nível de influência próximo ao critério de *Governance Management* mas ao mesmo tempo apresenta somente 2 outros elementos influenciando.

Figura 21 - Indicativo de influência sobre os critérios analisados.

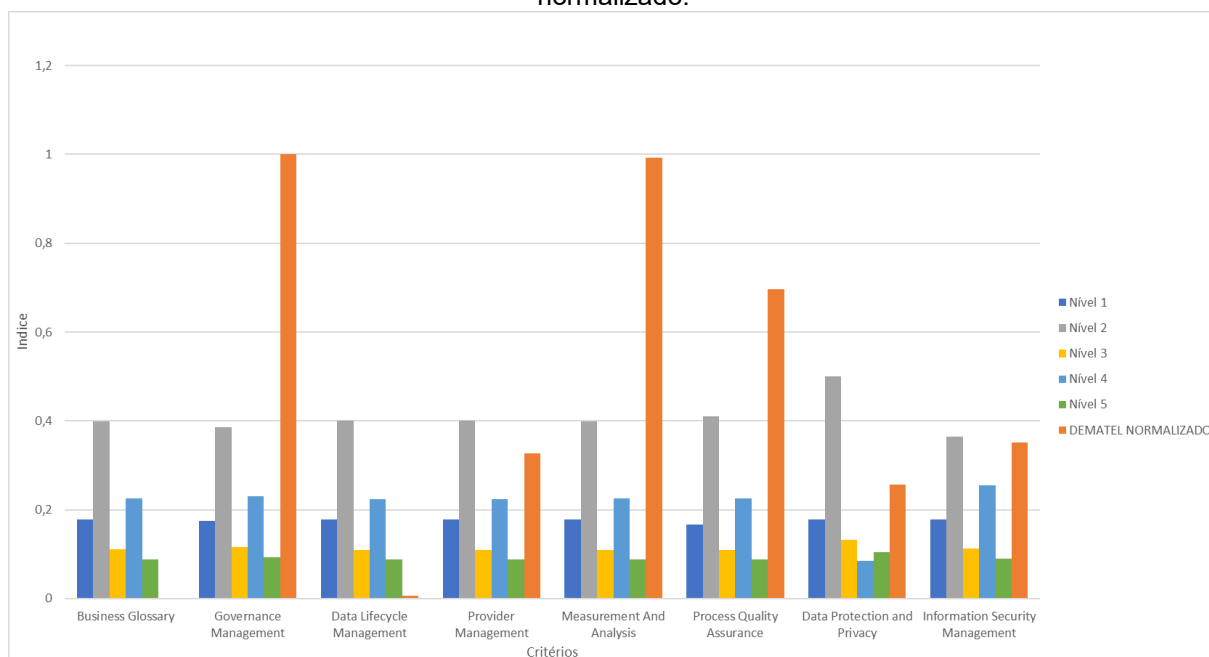


Fonte: Autoria própria.

Além dessa interpretação, outro ponto importante a ser considerado no resultado é que duas áreas das três que mais influenciam estão abaixo da hierarquia de *Business*. Tal característica se mostra relevante já que a mesma hierárquica conta com áreas estratégicas e de suporte para a organização.

Para obter mais considerações a respeito dos resultados de ambos os métodos, uma análise conjunta em uma única visualização foi feita para melhor explorar suas características.

Figura 22 - Comparativo entre níveis resultantes do *AHP* e o índice resultante do *DEMATEL* normalizado.



Fonte: Autoria própria.

No gráfico acima, com a mescla dos resultados onde em um mesmo eixo, a partir de uma normalização nas escalas, o índice de maturidade de cada nível aplicado para cada critério é comparado com seu nível de influência no sistema.

Com as duas últimas visualizações é possível considerar oportunidades de melhoria com foco no critério de *Measurement and Analysis*. Além de apresentar um alto índice de influência dentro dos critérios considerados mais importantes do sistema, também se apresenta como pouco influenciado, ou seja, investimentos aplicados nesse elemento, não só atingem outros critérios com são melhores aplicados já que tal critério apresenta baixo nível de influência de outros critérios.

Por tanto, visando avançar em parâmetros de gestão de dados e interoperabilidade rumo a conceitos de *Smart Supply Chain* se mostra, a partir desse estudo, uma oportunidade de melhoria, principalmente, ao redor do critério de *Measurement and Analysis* com investimentos para aprimorar táticas e abordagens ao tema.

Possíveis aplicações reais, com o intuito de direcionar os avanços, podem ser comparadas na tabela abaixo:

Tabela 9 - Relação problemática, oportunidade e critério analisado.

| Problema | Oportunidade | Critério relacionado |
|--|--|----------------------------------|
| Análises fracas coma falta de dados para levantamento de demandas e capacidade precisas. | Aprimorar análises dos dados para melhor estimativa de demanda e capacidade de acordo com modelos de dados. | <i>Measurement and Analysis</i> |
| Inconfiabilidade na qualidade dos dados para análises. | Aprimorar controle dos dados voltados a qualidade dos resultados possíveis obtidos através das análises. | <i>Process Quality Assurance</i> |
| Infraestrutura falha em parâmetros de estrutura e intercambio de dados. | Aprimorar gestão da governança dos dados e da interoperabilidade entre as ferramentas utilizadas para promover um framework de trabalho amistoso para as diferentes áreas. | <i>Governance Management</i> |

Fonte: Autoria própria.

4 CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho foi de levantar informações relacionados a cadeia de suprimentos de um setor específico e analisar, confrontando esses dados a dois *frameworks* conhecidos que, a partir de uma mescla, gerou um novo *framework*. Focado em gestão de dados e interoperabilidade, o novo framework se baseia nos conceitos do *DMM* e do *DIMM*, comportando 5 níveis de maturidade.

Os resultados, oriundos da aplicação dos dados levantados nas ferramentas utilizadas, mostram que a organização se encontra no segundo nível de maturidade com base na perspectiva de uma figura interna da organização.

Orientações, sobre um ponto de vista das metodologias usadas, foram relatadas neste trabalho com o intuito de direcionar ações para alcançar desenvolvimentos em áreas mais influentes dentro do setor.

Limitações encontradas ao decorrer do processo de criação deste trabalho estão relacionadas ao setor de análise específico, sendo assim, com resultado focado em um determinado setor, que de maneira alguma pode ser refletido para uma consideração ampla da organização, mas sim do setor analisado.

Próximos passos para este trabalho seriam a construção de avaliações focadas nos critérios que se sobressaíram nos métodos analisados, com o intuito de direcionar mais ainda oportunidades de melhorias dentro do setor. Além dessa vertente, outro possível próximo passo é a comparação dos *clusters* dentro do *software* com a função *subnet* para ter um resultado da metodologia *AHP* ainda mais preciso e rico para análise. Tais passos podem ser executados em um intervalo de tempo considerado deste trabalho com o intuito de reavaliar o mesmo setor considerando tais alterações no método de pesquisa em busca de alterações no nível de maturidade encontrado ou na importância dos critérios para o setor.

5 REFERÊNCIAS

ANDERL, R. **Industrie 4.0 – Advanced engineering of smart products and smart production.** (2014) Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/270390939>. Acesso em 15 mai. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: informação e documentação, referências, elaboração.** Rio de Janeiro, 2002.

ALMEIDA, A.T. DE & COSTA, A.P.C.S. **Aplicações com Métodos Multicritério de Apoio a Decisão Editora Universitária.** 2013.

BAINHA, F. S. A.; VIANNA, D. S.; MEZA, E. B. M. **Aplicação do Método AHP à Tomada de Decisão Gerencial: um estudo de caso em serviço de hotelaria offshore.** Marketing & Tourism Review, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 1-40, 2018.

BAKAR, N. A. A.; HARIHODIN, S.; KAMA, N. **A priority based enterprise architecture implementation assessment model: An analytic hierarchy process (ahp) approach.** Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC), v. 9, n. 2-3, p. 121–125, 2017.

BAOLONG, YANG; HONG, WU; HAODONG, ZHANG. **Research and application of data management based on Data Management Maturity Model (DMM).** In: Proceedings of the 2018 10th International Conference on Machine Learning and Computing. 2018. p. 157-160.

BENJAMIN T. HAZENA, CHRISTOPHER A. BOONE, JEREMY D. EZELL, L. ALLISON JONES-FARMER. **Data Quality For Data Science, Predictive Analytics, And Big Data In Supply Chain Management: An Introduction To The Problem And Suggestions For Research And Applications.** Int. J. Production Economics. V. 154, 2014, p. 72–80. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527314001339>. Acesso em 09 dez. 2021.

BLOEM, J.; VAN DOORN, M.; DUIVESTEN, S.; EXCOFFIER, D.; MAAS, R.; VAN OMMEREN, E. (2014) **The Fourth Industrial Revolution: things to tighten the link between It and OT.** Disponível em: <http://www.fr.sogeti.com/globalassets/global/downloads/reports/vint-research-3-the-fourth-industrial-revolution>. Acesso 09 dez. 2021.

CAPGEMINI CONSULTING. **Charting A Path To The Intelligent Supply Chain And Beyond**. Capgemini, 2014. Disponível em: www.capgemini.com. Acesso em 21 mai. 2022.

CAPGEMINI CONSULTING. **Industry 4.0 – The Capgemini Consulting View**. Capgemini, 2014. Disponível em: www.capgeminiconsulting.com Acesso em 21 mai. 2022.

CHALMETA; CAMPOS; GRANGEL, A. **Reference Architecture for Enterprise Integration**. The Journal of Systems and Software, 2001.

CHEN, D. & VERNADAT, D., Enterprise Interoperability: A standardisation View, Enterprise Interand–Intra Organisational Integration, Eds. K. Kosanke et al., Kluwer Academic Publishers, ISBN 1–4020–7277–5. 2005.

CHOPRA, S; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos – Estratégia, planejamento e operações**. 4° Ed. Pearson. (2003).

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: Estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços**. Pioneira administração e negócios. 4° Ed. Cengage. (2015).

CMMI INSTITUTE. **Data Management Maturity (DMM)**. Disponível em: <https://cmmiinstitute.com/data-management-maturity>. Acesso em 30 mai. 2022.

DAĞEDEVIREN, M.; YAVUZ, S.; KILINC, N. **Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment**. Expert Systems with Applications, v. 36, n. 4, May 2009.

DESCHAMPS F. **VIII Congresso de Sistemas Lean “Em busca da excelência do fluxo de valor”**. 2018.

DMM. **Data Management Capability Assessment Model**. Disponível em: <https://cmmiinstitute.com/data-management-maturity>. Acesso em 31 mai. 2022.

DOZIC, S.; KALIC, M. **An ahp approach to aircraft selection process**. Transportation Research Procedia, Elsevier, v. 3, p. 165–174, 2014.

DOUMEINGTS, G. & CHEN, D., Developing interoperability of enterprise applications and software — An European IST Thematic Network project: IDEAS, Proc. of the 2nd CENNET workshop, 2003.

FONTELA, E. & GABUS, A. **Innovative methods: DEMATEL**. Battelle Geneva Research Institute. (1974).

FONTELA, E. & GABUS, A. **The DEMATEL Observer**. Battelle Geneva Research Center, Geneva. (1976).

FREDERICO, G.F., GARZA-REYES, J.A., ANOSIKE, A. & KUMAR, V. **Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda**, Supply Chain Management, Vol. 25 No. 2, pp. 262-282. (2020).

GAMEIRO, BRUNO DA COSTA FERREIRA. **Definição dos qualificadores que avaliam o grau de maturidade da supply chain 4.0 para agroindústrias brasileiras**. 2022.

GHOBAKHLOO, M. **The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward industry 4.0**, Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 29 No. 6, pp. 910-936, 2018.

GOMES, PEDRO FERNANDES DE OLIVEIRA. **Avaliação da interoperabilidade como estratégia para a adoção de tecnologias smart na cadeia de suprimentos automotiva**. 2019.

GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S. & ALMEIDA, A.T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. Editora Atlas, Rio de Janeiro. (2002).

HSU, Chia-Wei et al. **Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management**. Journal of cleaner production, v. 56, p. 164-172, 2013.

IDDRIS, FAISAL. **Digital Supply Chain: Survey of the Literature**, International Journal of Business Research and Management (IJBRM), Computer Science Journals (CSC Journals), vol. 9(1), pages 47-61, 2018.

KOSANKE, KURT; MARTIN, R. **Enterprise and business processes-how to interoperate? the standards view**. In: Workshop on Standards for Interoperability. 2008.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. Pearson. 2013.

LEGNER, C.; WENDE, K. **Towards an excellence framework for business interoperability**. 2006.

MARQUES, LEONARDO NARCISO. **O mapeamento do modelo data management maturity (DMM) à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)**. 2020.

MCKINSEY & COMPANY. **Supply Chain 4.0 – the next-generation digital supply chain**. Mckinsey & Company, 2016.

MOHAMMED M. MABKHOT. **Requirements of the Smart Factory System: A Survey and Perspective**. Machines, vol 6, 2018.

ROY, B. - **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. 1996.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. **Document Number: nsf21551. Document Type: Program Announcements & Information**. Posted: January 11, 2021.

Disponível em:

https://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?WT.z_pims_id=503286&ods_key=nsf21551. Acesso em 18 mai. 2022.

OIAN, C. A. MAKIYA, I. K. IGNACIO, P. S. A. CESAR, F. I. SILVA, A. L. **Os Benefícios Da Indústria 4.0 No Supply Chain Management**. 15p. Xxxviii Encontro Nacional De Engenharia De Producao. Maceió, Alagoas. 2018. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_258_481_35475.pdf. Acesso em 3 dez. 2021.

PORTER, M. E. **Estratégia Competitiva—Técnicas Para Análise de Indústrias e da Concorrência**. GEN Atlas. 2005.

PRASANA KUMAR ILLA, NIKHIL PADHI. **Practical Guide to Smart Factory Transition Using IoT, Big Data and Edge Analytics**. IEEE Access, vol. 6, 2018.

PROENÇA, DIOGO; BORBINHA, JOSÉ. **Maturity models for data and information management**. In: **International conference on theory and practice of digital libraries**. Springer, Cham, 2018. p. 81-93.

QI LIA , ANG LIU. **Big Data Driven Supply Chain Management**. 52nd CIRP Conference on Manufacturing Systems. 2019. 1089 – 1094. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119305633>. Acesso em 09 dez. 2021.

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.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. Tradução e Revisão por Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

SAATY, T. L. **Decision making with the analytic hierarchy process**. International journal of services sciences, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SAATY, T. L.; SHIH, H. S. **Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks**. European Journal of Operational Research, v. 199, n. 3, p. 867-872, 2009.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. **Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing**. Journal of Industrial Engineering and Management, v. 9, n. 3, p. 811-833, 2016.

SANTOS, REGINALDO CARREIRO. **Proposta de modelo de avaliação de maturidade da Indústria 4.0**. 2018. Tese de Doutorado.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. 1º Edição. São Paulo: Edipro. 2016.

SILVA, RAFAEL FERREIRA, **A importância da interoperabilidade**. 2004.

SLACK, NIGEL. **International Journal of Operations & Production Management; Bradford** Vol. 25, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas. 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção (Vol. 4)**. São Paulo: Atlas. 2015.

TAN, K.H., YUANZHU, Z., GUOJUN, J., YE, F. and Chang, C. 2015, **Harvesting big data to enhance supply chain innovation capabilities: an analytic infrastructure based on deduction graph**, International Journal of Production Economics, Vol. 165, pp. 223-233, 2015

TONELLI, F. DEMARTINI, M. PACELLA, M. LALA, R. **Cyber-Physical Systems (Cps) In Supply Chain Management**. From Foundations To Practical Implementation. 6p. 14th Cirp Conference On Intelligent Computation In Manufacturing Engineering. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S221282712100370X?token=C8D6799023C5B8250C20BB02661D3811441CF6CCAB9D70FE2EBE99E62F11C4C3C01829673EC3A603A99A591F6D00DE25&originRegion=us-east-1&originCreation=20211210003512>. Acesso em 08 dez. 2021.

TZENG, GWO-HSHIUNG; CHIANG, CHENG-HSIN; LI, CHUNG-WEI. **Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL**. Expert systems with Applications, [s. l.], v. 32, n. 4, p.1028–1044, 2007.

VENÂNCIO, A. L. A. C. BREZINSKI, G. L. **Sistema De Avaliação De Maturidade Industrial Baseando-Se Nos Conceitos Da Indústria 4.0**. Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures. 110p. Engenharia de Controle e Automação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2017. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8224/1/CT_COEAU_2017_1_09.pdf. Acesso em 2 dez. 2021.

WAMBA, S.F., AKTER, S., EDWARDS, A., CHOPIN, G. and GNANZOU, D. **How 'big data' can make big impact: findings from a systematic review and a longitudinal case study**, International Journal of Production Economics, Vol. 165, pp. 234-246, 2015.

WANG, JUN ET AL. **Research on the theory and method of grid data asset management**. Procedia computer science, v. 139, p. 440-447, 2018.

WENDLER, ROY. **The maturity of maturity model research: A systematic mapping study**. Information and software technology, v. 54, n. 12, p. 1317-1339, 2012.