



SERVITIZAÇÃO E MANUFACTURING-AS-A-SERVICE COMO ESTRATÉGIA PARA GERAÇÃO DE VALOR NO CONTEXTO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

TATIANE PEREIRA LIBRELATO - tatianeplibrelato@gmail.com
UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

PAULO AUGUSTO CAUCHIK MIGUEL - paulo.cauchick@gmail.com
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUC-PR

SUZANA REGINA MORO - smoro@unicamp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

BIANCA BOLAN DRESCH - biancabdresch@gmail.com
UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

FÁBIO ANTÔNIO SARTORI PIRAN – fabiosartoripiran@gmail.com
UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

ÁREA: 06 - ENGENHARIA ORGANIZACIONAL
SUBÁREA: 6.1 - GESTÃO ESTRATÉGICA E ORGANIZACIONAL

RESUMO: AS EMPRESAS TÊM ADOTADO ESTRATÉGIAS BASEADAS NA OFERTA DE CAPABILITIES EM DETRIMENTO À AQUISIÇÃO DE PRODUTOS. UMA DAS ESTRATÉGIAS AMPLAMENTE UTILIZADAS NESTE CONTEXTO É A SERVITIZAÇÃO, ONDE BUSCA-SE GERAR RECEITA A PARTIR DA INCLUSÃO DE SERVIÇOS NA OFERTA DE PRODUTOS FÍSICOS. ESTA DINÂMICA, POR SUA VEZ, TAMBÉM SE ENCONTRA PRESENTE EM MODELOS DE NEGÓCIOS QUE UTILIZAM ABORDAGENS DE SUBCONTRATAÇÃO, COMO O MANUFACTURING-AS-A-SERVICE (MAAS). ASSIM, O PRESENTE TRABALHO TEM COMO OBJETIVO IDENTIFICAR A CONVERGÊNCIA ENTRE O MAAS E A SERVITIZAÇÃO. NESSE SENTIDO, FOI REALIZADA UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA, APLICANDO O LITERATURE GROUNDED THEORY COMO ESTRATÉGIA DE CONDUÇÃO, RESULTANDO EM 299 ESTUDOS, DOS QUAIS 23 CONSTITUEM O CORPUS FINAL DE ANÁLISE. OS RESULTADOS REVELARAM SETE CAPABILITIES PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MAAS E CINCO CAPABILITIES PARA A SERVITIZAÇÃO EM MODELOS DE NEGÓCIO SERVITIZADOS, BEM COMO NOVE FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA O MAAS E SETE FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA A SERVITIZAÇÃO, PARA GERAR VALOR AO NEGÓCIO. TAMBÉM FORAM IDENTIFICADOS AINDA SETE CAPABILITIES E SEIS FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA A IND. 4.0, QUE ATUAM COMO ELEMENTOS CENTRAIS NA MEDIAÇÃO DESSA RELAÇÃO, CONTRIBUINDO ASSIM, PARA IDENTIFICAÇÃO DE AÇÕES NECESSÁRIAS PARA O ALINHAMENTO ENTRE PROCESSOS E ESTRATÉGIAS ORGANIZACIONAIS.

PALAVRAS-CHAVES: INDÚSTRIA 4.0; MAAS; MANUFACTURING-AS-A-SERVICE
SERVITIZAÇÃO; SERVITIZAÇÃO DIGITAL; TECNOLOGIA DIGITAL.

1 INTRODUÇÃO

A servitização é parte da estratégia adotada por empresas de diversos setores industriais (BAINES *et al.*, 2020; VANDERMERWE; RADA, 1988), que vêm transferindo sua geração de receita da venda de produtos físicos para a cobrança pela disponibilidade de serviços ou funcionalidades proporcionadas por esses produtos (ANCILLAI; PASCUCCI, 2023; KHAN *et al.*, 2024). A servitização evoluiu ao longo do tempo a partir de diferentes, porém complementares perspectivas em relação aos negócios (VANDERMERWE; ERIXON, 2023), podendo ser impulsionada pela subcontratação (VIITAMO; LUOTO; SEPPÄLÄ, 2016) e/ou por tecnologias (MINAYA; AVELLA; TRESPALACIOS, 2024). Em relação à tecnologia, com o advento da Indústria 4.0 (Ind. 4.0), a servitização evoluiu para a servitização digital. Neste contexto, tecnologias avançadas como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), *big data* e realidade aumentada desempenham um papel central (MINAYA; AVELLA; TRESPALACIOS, 2024).

A mudança paradigmática, advinda da servitização, se aplica tanto a bens de consumo quanto a bens de capital, uma vez que as empresas estão cada vez mais interessadas em adotarem estratégias baseadas em vender (e adquirir) capacidade de produção em detrimento a aquisição de novos equipamentos (LANDOLFI *et al.*, 2018). Esta dinâmica, por sua vez, também se encontra presente em modelos de negócios que utilizam abordagens de terceirização, como, por exemplo, fabricante contratado (*Contract Manufacturer* – CM) (VIITAMO; LUOTO; SEPPÄLÄ, 2016) e manufatura como serviço (*Manufacturing-as-a-service* – MaaS) (LANDOLFI *et al.*, 2018).

Embora possuam semelhanças entre si, o CM e o MaaS apresentam diferenças. Tanto o CM quanto o MaaS representam a oferta de uma abordagem mais ágil e econômica para a produção (MARRA *et al.*, 2024; VIITAMO; LUOTO; SEPPÄLÄ, 2016). A principal diferença entre o CM e o MaaS é que no CM a empresa contratada assume todo o processo de produção, o que frequentemente inclui *design* de produtos, custos gerais de produção e a coordenação das atividades da cadeia de suprimentos. Por isso, trata-se de uma estratégia amplamente utilizada por fabricantes OEM (*Original Equipment Manufacturer* ou fabricante de equipamentos originais) com objetivo de minimizar os custos relacionados ao ganho de escala (VIITAMO; LUOTO; SEPPÄLÄ, 2016).

No MaaS a empresa contratada produz de acordo com as instruções recebidas da contratante (KARAMANLI *et al.*, 2025). Assim, a empresa contratante possui mais controle

do processo produtivo em comparação ao CM, sendo uma estratégia útil, especialmente para pequenas e médias (PMEs), que podem utilizar recursos de fabricação externos sem a necessidade de realizar investimentos significativos em infraestrutura (TAO *et al.*, 2018). Neste contexto, as plataformas digitais têm demonstrado potencial de contribuição, criando ecossistemas digitais capazes de atender as necessidades de clientes e fornecedores, de modo global e em diversos setores, impulsionando mudanças nos modelos de negócios das empresas para uma abordagem orientada a serviços (LANDOLFI *et al.*, 2019).

Sendo assim, o estudo tem como objetivo analisar as publicações acadêmicas sobre a convergência entre o MaaS e servitização, bem como identificar os fatores críticos de sucesso e *capabilities*, alinhados aos conceitos da Indústria 4.0. Para atingir esse objetivo, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Os estudos selecionados foram analisados e categorizados, dando origem a identificação das *capabilities* e fatores críticos de sucesso necessários para o MaaS, *capabilities* e fatores críticos de sucesso necessários para servitização, *capabilities* e fatores críticos de sucesso necessários para Indústria 4.0. Os principais resultados evidenciam um crescimento significativo nas publicações que abordam o relacionamento entre os dois temas, destacando-se os conceitos associados à Indústria 4.0 como elementos centrais na mediação dessa relação.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira, após esta seção introdutória, a segunda seção é um breve referencial teórico. Na terceira seção os procedimentos metodológicos são descritos e, na sequência, os resultados e discussão são parte da quarta seção. A última seção apresenta as conclusões do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Servitização e servitização digital

A servitização, conceito introduzido por Vandermerwe e Rada (1988), tem encontrado interesse ao longo de décadas e evoluiu a partir de diferentes, porém complementares perspectivas em relação aos negócios. É compreendida como a transformação estratégica de empresas de manufatura, que passam de uma lógica baseada exclusivamente em produtos, para uma abordagem centrada na oferta combinada de produtos e serviços (VANDERMERWE; ERIXON, 2023).

A servitização cria valor ao estender o relacionamento com os clientes, oferecer soluções customizadas e possibilitar novas formas de receita recorrente (MINAYA; AVELLA; TRESPALACIOS, 2024). No entanto, foi a partir dos avanços tecnológicos que as

empresas passaram a oferecer serviços ainda mais inovadores, como, por exemplo, oferta de serviços mais preditivos e preventivos, além de muitos outros serviços genuinamente personalizados e/ou baseados em tecnologia (VANDERMERWE; ERIXON, 2023). Assim, a servitização tradicional evoluiu para servitização digital (FAVORETTO *et al.*, 2024), expandindo o escopo dos serviços tradicionais e tornando as capacidades digitais, orientadas por dados, fundamentais para seu sucesso (FACIN *et al.*, 2022; MINAYA; AVELLA; TRESPALACIOS, 2024).

A servitização digital é impulsionada por tecnologias emergentes, tais como *cloud computing*, *IoT*, *big data* e plataformas digitais (ADSIZ; OZTURKOGLU, 2023; FACIN *et al.*, 2022), que permitem maior conectividade entre produtos, usuários e provedores de serviço. O uso de tecnologias digitais permite que os produtos e serviços possam ser monitorados em tempo real, atualizados remotamente e oferecidos em modelos como *pay-per-use* ou *product-as-a-service* (HUNG, 2019; MINAYA; AVELLA; TRESPALACIOS, 2024). A digitalização, nesse sentido, não apenas é um facilitador para a servitização digital, mas também redefine o papel das empresas de manufatura na cadeia de valor, incentivando a criação de ecossistemas colaborativos onde os dados são ativos centrais (FACIN *et al.*, 2022).

Contudo, alinhar a servitização com a perspectiva da digitalização apresenta diversos desafios para as empresas (ADSIZ; OZTURKOGLU, 2023). Estes desafios envolvem, por exemplo, mudanças no modelo de negócios (FAVORETTO *et al.*, 2024), implicando na necessidade de alinhamento de diversos elementos do *design* organizacional, incluindo cultura organizacional, processos internos e competências digitais da organização (ADSIZ; OZTURKOGLU, 2023; MINAYA; AVELLA; TRESPALACIOS, 2024).

2.2 Manufatura como serviço (MaaS)

O MaaS conecta organizações que possuem capacidade de produção ociosa a empresas com demanda específica (LANDOLFI *et al.*, 2019). É uma estratégia útil especialmente para pequenas e médias (PMEs) que podem utilizar recursos de fabricação externos sem a necessidade de realizar investimentos significativos em infraestrutura (TAO *et al.*, 2018), contribuindo para otimização do uso de ativos, redução de custos e investimentos associados (LANDOLFI *et al.*, 2019).

A principal competência estratégica de uma empresa que opera como MaaS é a produção de acordo com as instruções recebidas da empresa contratante, tais como especificações, *design* e até matéria-prima (VIITAMO; LUOTO; SEPPÄLÄ, 2016). Neste

contexto, a empresa contratante possui algum controle sobre o processo produtivo da empresa contratada. Assim, a maneira tradicional de produção se modifica ao permitir o acesso, remoto e sob demanda, à recursos fabris, máquinas e expertise, por meio de plataformas digitais baseadas em nuvem (KARAMANLI *et al.*, 2025). Plataformas MaaS, ao incorporarem princípios da servitização, tornam-se orquestradores de valor, podendo intermediar a oferta desde a fabricação de produtos até a análise de impacto ambiental (LANDOLFI *et al.*, 2019).

Não obstante, plataformas MaaS modernas incorporam elementos da Indústria 4.0, como, por exemplo, computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT), *machine learning* e inteligência de dados, o que tende a permitir maior flexibilidade, transparência e escalabilidade (HUNG, 2019). Há também uma crescente integração de conceitos e ferramentas que enfocam a segurança e controle sobre os dados compartilhados na rede (LANDOLFI *et al.*, 2019).

Deste modo, a arquitetura do MaaS opera como um ecossistema digital que desmaterializa recursos físicos e os disponibiliza como serviços. Isso permite, por exemplo, a produção customizada, prototipagem rápida e manufatura descentralizada. Tais características viabilizam respostas mais ágeis às demandas do mercado e favorecem práticas sustentáveis ao reduzir estoques e transporte de longa distância (HUNG, 2019; KARAMANLI *et al.*, 2025).

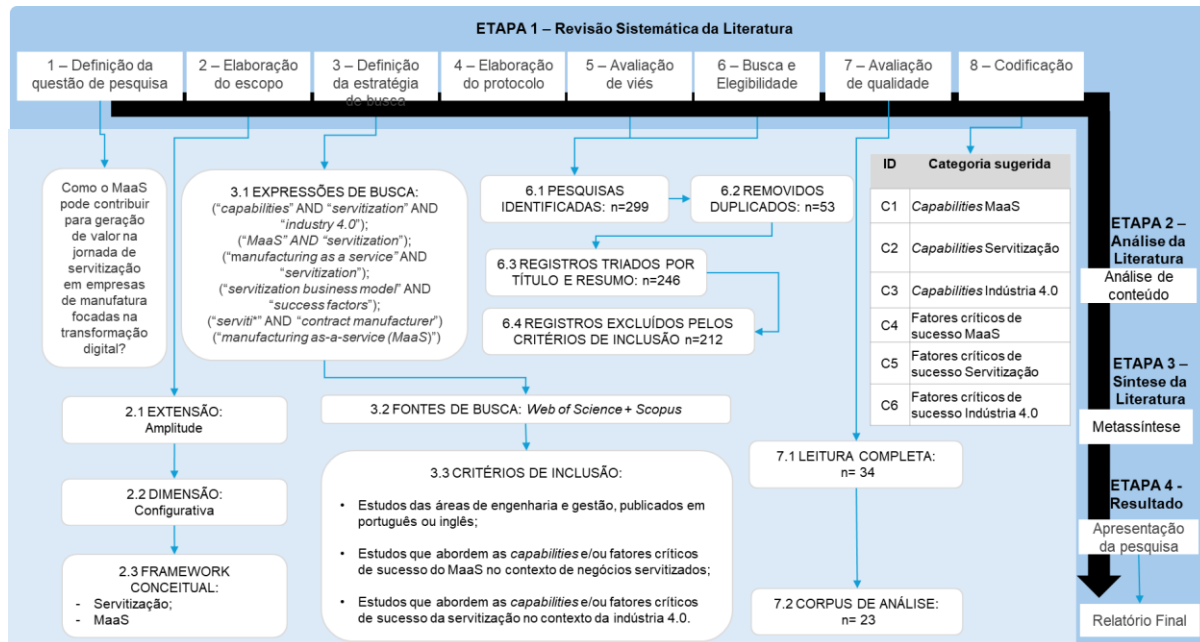
Entretanto, apesar dos avanços, a adoção do MaaS ainda enfrenta desafios. Tais desafios se apresentam principalmente em relação à interoperabilidade de sistemas, proteção de dados sensíveis, padronização de protocolos e aceitação cultural por parte de empresas acostumadas a modelos tradicionais de produção (KARAMANLI *et al.*, 2025).

A combinação de elementos do MaaS com a servitização representa uma mudança paradigmática na forma como produtos e serviços são projetados, entregues e consumidos. Enquanto o MaaS fornece a infraestrutura técnica e digital necessária para a externalização da capacidade produtiva, a servitização redefine a entrega de valor, focando na experiência e no resultado obtido pelo cliente (KARAMANLI *et al.*, 2025; LANDOLFI *et al.*, 2019).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DE PESQUISA

Para investigar os elementos constituintes da relação entre MaaS e a servitização, no contexto da Ind. 4.0, conduziu-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) aplicando a estratégia de *Literature Grounded Theory* – LGT (ERMEL *et al.*, 2022). A Figura 1 apresenta as etapas da revisão realizada, bem como as principais saídas de cada etapa.

FIGURA 1 - Procedimentos metodológicos



Fonte: elaborado pelos autores, com base em Ermel et al. (2022)

Primeiramente na Figura 1 foi definida a questão de pesquisa, que seguiu uma lógica qualitativa. A busca pelos estudos foi realizada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, utilizando as *strings*: ("Capabilities" AND "servitization" AND "industry 4.0"), ("MaaS" AND "servitization"), ("Manufacturing as a service" AND "servitization"), ("Servitization business model" AND "success factors") e ("manufacturing as-a-service (MaaS)") como as expressões de busca.

O processo de busca e seleção identificou inicialmente 299 estudos nas bases consultadas (94 na *Web of Science* e 205 na *Scopus*). Após a remoção de 53 estudos duplicados, restaram 246 registros para triagem por título e resumo, o que foi realizado aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão. Como critérios de inclusão, foram selecionados estudos que se alinhassem à análise de servitização em contextos industriais, com escopo nas áreas de engenharia e gestão de negócios e que tratassem especificamente da manufatura como serviço, excluindo outras abordagens que estão presentes na literatura abreviadas como MaaS, mas refere-se a outros termos (e.g., *Mobility as a Service*). Este processo resultou na exclusão de 212 documentos por não atenderem aos critérios estabelecidos.

Em seguida realizou-se a leitura dos 34 estudos restantes para avaliação de elegibilidade, onde 11 deles foram eliminados por não atenderem a etapa final de avaliação

dos critérios de inclusão e exclusão, resultando em 23 estudos, que constituíram o *corpus* de análise (relacionados no Quadro 1). Cada estudo constitui-se como unidade de registro. As unidades de registro foram codificadas em seis categorias de análise. As *Capabilities* MaaS foram categorizadas como C1, *Capabilities* de Servitização categorizadas como C2 e *Capabilities* da Ind. 4.0 categorizadas como C3. Em relação aos Fatores Críticos de Sucesso (FCS), os FCS do MaaS foram categorizados como C4, os FCS da Servitização foram categorizados como C5 e os FCS da Ind. 4.0 foram categorizados como C6. Em seguida, os resultados foram analisados a partir da categorização estabelecida, combinados e resumidos, dando origem aos resultados da pesquisa apresentados na seção 4.

4. RESULTADOS

4.1 Análise descritiva

Na etapa inicial realizou-se a análise dos dados das publicações ano a ano, para identificar a frequência de desenvolvimento dos temas principais, Manufatura como Serviço (MaaS) e servitização. A distribuição anual é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 – Frequência anual das publicações.

Ano	1990	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Número de publicações	1	1	1	1	2	1	2	4	1	2	5	2

Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base na distribuição anual do portfólio de artigos

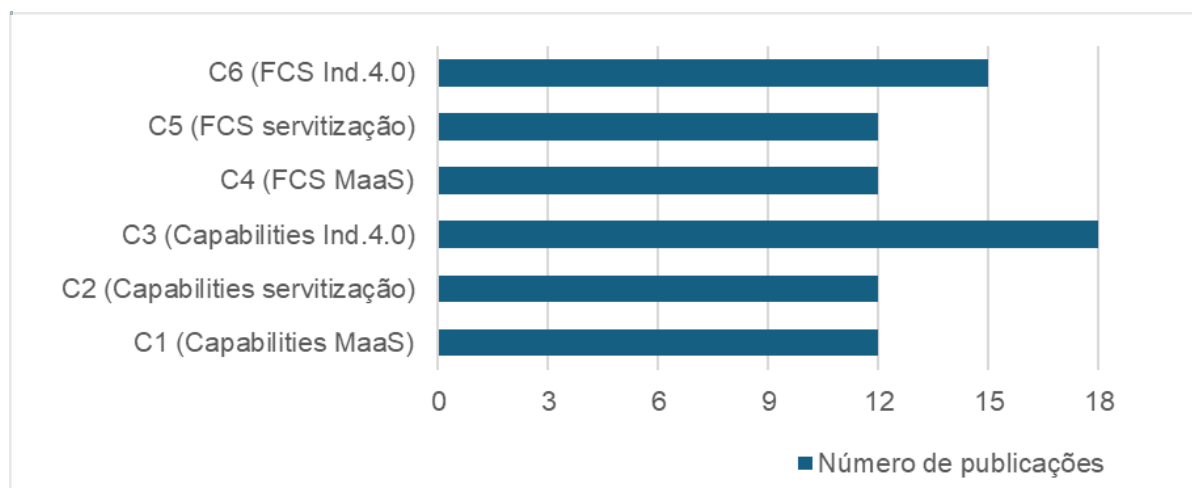
Conforme evidencia a Tabela 1, observa-se que a primeira publicação relacionada a combinação dos temas mencionados ocorreu em 1990. Goldhar e Jelinek (1990) exploraram o impacto da *Computer-Integrated Manufacturing* (CIM) na indústria e na sociedade, destacando como essa abordagem transforma a manufatura de um sistema físico para uma atividade baseada em informação e conhecimento, dando origem ao termo *Manufacturing as a Service* (MaaS).

No entanto, verifica-se que somente a partir de 2015 as publicações sobre esses temas passaram a ocorrer de forma contínua, com crescimento proeminente a partir de 2021. Em 2024, registrou-se o maior número de publicações (cinco estudos). Isso sugere que o tema é emergente, mas pouco explorado pela comunidade acadêmica, o que pode ser um indicativo da necessidade de pesquisas complementares.

4.2 Categorias de Análise

A leitura preliminar do *corpus* de análise deu origem a seis categorias de análise, conforme descrito na seção 3. A Figura 2 demonstra a frequência com que os estudos estão presentes nas diferentes categorias de análise.

FIGURA 2 – Frequência por categoria de análise.



Fonte: elaborado pelos autores (2025) com base na análise dos dados

Conforme demonstra a Figura 2, as categorias de análise relacionadas à Ind. 4.0 (C3 e C6), são as mais frequentes, com 18 ocorrências para C3 e 15 para C6. Essa predominância se deve ao fato de que tanto o conceito de MaaS quanto o de servitização digital envolvem a digitalização da manufatura, o que estabelece uma relação direta com os princípios da Ind.4.0. Os estudos que compõe as referidas categorias estão apresentadas na Tabela 2, listadas em ordem cronológica em relação ao ano de publicação.

TABELA 2 - Categorização do *corpus* de análise.

ID	Ano	Autores	Categorias de análise					
			Capabilities			Fatores Críticos de Sucesso		
			C1-MaaS	C2-Servitização	C3-Ind. 4.0	C4-MaaS	C5-Servitização	C6-Ind. 4.0
1	1990	Goldhar; Jelinek				x		
2	2015	Moergestel <i>et al.</i>	x			x		
3	2016	Adamson <i>et al.</i>	x		x	x		
4	2017	Bagozi <i>et al.</i>		x	x		x	x
5	2018	Landolfi <i>et al.</i>	x	x	x	x	x	x
6	2018	West; Gaiardelli; Rapaccini		x	x		x	
7	2019	Landolfi <i>et al.</i>	x	x	x	x	x	x
8	2020	Haapala <i>et al.</i>	x		x	x		x

ID	Ano	Autores	Categorias de análise					
			Capabilities			Fatores Críticos de Sucesso		
			C1-MaaS	C2-Servitização	C3-Ind. 4.0	C4-MaaS	C5-Servitização	C6-Ind. 4.0
9	2020	Kohtamäki <i>et al.</i>		x	x		x	x
10	2021	Gong <i>et al.</i>	x		x	x		x
11	2021	Pahwa; Starly	x		x			
12	2021	Bulut <i>et al.</i>	x			x		
13	2021	Chaudhuri <i>et al.</i>	x			x		
14	2022	Nguyen <i>et al.</i>	x		x	x		x
15	2023	Ghobakhloo <i>et al.</i>		x	x		x	x
16	2023	Ancillai; Pascucci		x	x		x	x
17	2024	Marra <i>et al.</i>	x		x	x		x
18	2024	Khan <i>et al.</i>		x	x		x	x
19	2024	Minaya; Avella; Trespalacios		x	x		x	x
20	2024	Burger <i>et al.</i>		x	x		x	x
21	2024	Mahmoodi; Fathi	x			x		
22	2025	Chowdhury; Ren; Richey		x	x		x	x
23	2025	Wu <i>et al.</i>		x	x		x	x

Fonte: elaborado pelos autores (2025) com base na análise dos dados do portfólio dos artigos

Conforme apresentado na Tabela 2, os estudos que abordam as *capabilities* para o MaaS (C1), presentes nos estudos identificados como ID 2, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 17 e 21, em geral, também tratam dos fatores críticos de sucesso (C4) associados a essa abordagem, presentes nos estudos ID 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 17 e 21. Essa relação é igualmente observada nos estudos voltados às *capabilities* para servitização (C2) e seus fatores críticos de sucesso (C5), presentes nos estudos ID 4, 5, 6, 7, 9, 15, 16, 18, 19, 20, 22 e 23. Assim como *capabilities* para Ind. 4.0 (C3), presente nos estudos ID 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22 e 23, e seus fatores críticos de sucesso (C6), presentes nos estudos ID 4, 5, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22 e 23. Apenas um estudo (LANDOLFI *et al.*, 2018), ID 5, se enquadrou em todas as categorias de análise.

4.3 Capabilities (C2) e fatores críticos de sucesso (C5) relacionados a Servitização

As *capabilities* (C2) relacionadas a servitização referem-se ao conjunto de competências organizacionais que permitem às empresas transitarem de um modelo centrado em produtos para um modelo orientado por serviços, explorando novas formas de criação, entrega e captura de valor (KOHTAMÄKI *et al.*, 2020; LANDOLFI *et al.*, 2019). As principais *capabilities* abordadas por estes estudos referem-se a capacidades de digitalização (ID 4, 5, 6, 7, 15, 16, 19, 20 e 23), agregar valor por meio da oferta de serviços (ID 6, 9, 16, 18, 20, 22 e 23), tomada de decisão por dados em tempo real (ID 4, 5, 7 e 22), aprendizado

organizacional direcionado para novos serviços (ID 16, 18, 19 e 23), integração em redes de colaboração (ID 6, 7, 15, 16, 18 e 20) e capacidade de gestão da transformação (ID 9, 15, 18, 19, 20, 21 e 22).

Os FCS da servitização (C5) representam as condições essenciais para sustentar a oferta contínua de valor ao cliente, muitas vezes em contratos de longo prazo e que envolvem a integração ou substituição do produto físico por serviços digitais e relacionais (ANCILLAI; PASCUCCI, 2023; KOHTAMÄKI *et al.*, 2020). Os principais FCS identificados, relacionados à servitização são a capacidade de integração digital de dados (ID 4, 6, 7, 9 e 23), governança da transformação (ID 5, 6, 15, 16, 18, 19, 20 e 23), alinhamento entre TI e estratégia (ID 6, 16 e 20), adaptação e aprendizado organizacional (ID 9, 16 e 20), cocriação com o cliente (ID 9, 20 e 23), padronização, compatibilidade e interoperabilidade entre sistemas e tecnologias (ID 5, 7 e 22) e medição e indicadores de desempenho voltados a medição de valor (ID 19 e 22). Esses fatores incluem capacidades digitais, alinhamento organizacional, transformação cultural e construção de relacionamentos colaborativos com os clientes (MINAYA; AVELLA; TRESPALACIOS, 2024; WU *et al.*, 2025).

4.4 Capabilities (C3) e fatores críticos de sucesso (C6) relacionados a Indústria 4.0

As *capabilities* ind. 4.0 (C3) dizem respeito à aplicação estratégica de tecnologias digitais avançadas com o objetivo de integrar sistemas físicos e virtuais, promovendo autonomia, conectividade e inteligência nos processos industriais (ADAMSON *et al.*, 2016; GHOBAKHLOO *et al.*, 2023). As principais *capabilities* da Ind. 4.0 identificadas referem-se a habilidade e capacidade de controlar processos de modo distribuído (descentralizado) e conectado (ID 3, 15 e 22), automação inteligente (ID 3, 6, 10, 14, 18, 19 e 23), computação em nuvem (ID 3, 7, 11, 16, 16, 18 e 20), inteligência baseada em dados (ID 4, 5, 6, 7, 9, 10, 15, 16, 17, 19, 22 e 23), arquitetura ciberfísica (componentes físicos e digitais) integrada (ID 4, 5, 7, 8, 14 e 19), integração digital em rede (ID 6, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 19 e 23) e governança de dados (ID 7, 11, 17 e 20).

Os FCS da Ind. 4.0 (C6) representam os elementos organizacionais, técnicos e estratégicos indispensáveis para viabilizar a digitalização industrial com impacto positivo no desempenho da empresa (GHOBAKHLOO *et al.*, 2023; KOHTAMÄKI *et al.*, 2020). Os principais FCS identificados, relacionados à Ind. 4.0 são integração digital e conectividade (ID 5, 9, 10 e 23), governança da transformação digital (ID 15, 17 e 19), capacitação e cultura organizacional (ID 9, 16 e 22), tomada de decisão orientada por dados (ID 4, 20 e 23),

colaboração e redes inteligentes (ID 14, 18 e 22), padronização e semântica digital (ID 5, 7 e 8) e sustentabilidade (por exemplo, rastreabilidade de impactos ambientais) habilitada digitalmente (ID 7 e 8). Esses fatores não se restringem à adoção de tecnologia, mas envolvem também capacidades organizacionais, cultura digital e articulação entre diferentes agentes, adicionalmente, quando negligenciados, os FCS comprometem o retorno dos investimentos em tecnologias digitais e aumentam os riscos de falha na transformação (LANDOLFI *et al.*, 2018; NGUYEN *et al.*, 2022).

4.5 *Capabilities* (C1) e fatores críticos de sucesso (C4) relacionados ao MaaS

O MaaS representa um paradigma de produção em que infraestruturas industriais são disponibilizadas via plataformas digitais como serviços sob demanda, promovendo a descentralização e a flexibilidade da manufatura (LANDOLFI *et al.*, 2019; MOERGESTEL *et al.*, 2015). As *capabilities* relacionadas ao MaaS (C1) representam os recursos, competências e estruturas organizacionais necessárias para que empresas industriais implementem o modelo de Manufatura como Serviço. As principais *capabilities* abordadas por estes estudos são a habilidade de gerenciamento de recursos distribuídos (ID 2, 3 e 12), plataformas digitais colaborativas (ID 2, 7, 8, 10, 11, 12 e 14), automatização baseada em IA (ID 11 e 13), gestão de dados em tempo real (ID 3, 5, 10, 13 e 21), integração com sustentabilidade e economia circular (ID 7, 8 e 17), arquitetura modular e reconfigurável (ID 2, 3 e 14) e governança de ecossistemas digitais (ID 5, 7, 8, 17 e 21). Os FCS, nesse modelo, visam garantir a viabilidade tecnológica, econômica e relacional da rede de serviços conectados.

São considerados FCS do MaaS (C4) os fatores que sustentam a confiabilidade da plataforma, a interoperabilidade entre os agentes e a capacidade de escalar serviços sob demanda. Os principais FCS identificados, relacionados ao MaaS, são arquitetura digital escalável (ID 2, 3 e 7), gestão e compartilhamento de dados (ID 7, 10 e 21), conectividade e interoperabilidade (ID 3, 7, 10, 14 e 21), governança da plataforma (ID 5, 7, 13 e 17), adoção de modelos de precificação variáveis (ID 1 e 13), modularidade e reconfigurabilidade (ID 1, 2 e 3), colaboração em rede (ID 10, 12 e 21), rastreabilidade e sustentabilidade (ID 7, 8 e 21) e confiança e segurança digital (ID 21). Assim, os FCS do MaaS são considerados essenciais para o alcance da sustentação do negócio (ADAMSON *et al.*, 2016; CHAUDHURI *et al.*, 2021; MAHMOODI; FATHI, 2024) e visam garantir a viabilidade tecnológica, econômica e relacional da rede de serviços conectados, especialmente no longo prazo.

A análise da literatura permitiu identificar apenas um estudo (LANDOLFI *et al.*, 2018) que se enquadrou em todas as categorias de análise. Trata-se de um modelo de dados semânticos, baseado em ontologias, para dar suporte a uma plataforma digital MaaS, com o objetivo de promover a reintegração ao ciclo produtivo e a otimização da capacidade industrial ociosa. Entretanto, os resultados deste estudo estão associados a construção da tecnologia e não a combinação entre MaaS e servitização digital como modo de gerar valor para o negócio, o que também sugere a necessidade de estudos desta natureza.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo viabilizar uma visão geral das publicações acadêmicas sobre a convergência entre o MaaS e a servitização para identificar sua implementação em empresas de manufatura, bem como identificar os fatores críticos de sucesso, alinhados aos conceitos da Ind. 4.0. Os resultados foram obtidos a partir da análise dos estudos publicados sobre os temas combinados, MaaS e servitização. Os resultados levantaram *capabilities* e fatores críticos de sucesso da servitização, especialmente da servitização digital, do MaaS e da Ind. 4.0. Além disso, identificaram para a servitização 5 *capabilities* e 7 fatores críticos de sucesso, enquanto para o MaaS foram identificadas 7 *capabilities* e 9 fatores críticos de sucesso. Para a Ind. 4.0 foram identificadas 7 *capabilities* e 6 fatores críticos de sucesso.

O entendimento das *capabilities* necessárias para implementação do MaaS, em modelos de negócio servitizados ou em processo de servitização, oferece um potencial para que os gestores possam identificar os recursos necessários, confrontá-los com os recursos existentes na organização e, assim, planejar o modo como tais requisitos podem ser implementados, em especial no contexto da Ind. 4.0. Do mesmo modo, para os gestores, conhecer os fatores críticos de sucesso pode contribuir para a sustentação do negócio.

Deste modo, este estudo pode contribuir para a tomada de decisão por parte dos gestores, bem como para o encaminhamento de ações que aumentem o alinhamento da organização com a estratégia adotada, o que é relevante para a geração e captura de valor. Não foram encontrados na literatura estudos que abordem, de modo combinado, a identificação das *capabilities* e FCS da servitização, em especial servitização digital, MaaS e Ind. 4.0, com foco na geração de valor para o negócio, o que pode ser uma contribuição acadêmica deste trabalho.

A principal limitação deste estudo está associada à escolha das expressões de busca e bases de dados para busca dos estudos. Embora as bases de dados escolhidas sejam

amplamente utilizadas na engenharia de produção e gestão de negócios, reproduzir esta busca em outras bases de dados pode identificar outros estudos não contemplados nesta pesquisa. Esta limitação também se constitui oportunidade para estudos futuros, uma vez que foi identificado na literatura consultada apenas um estudo abordando todas as categorias de análise. Ainda assim, o estudo em questão não se concentra na servitização da manufatura por meio do MaaS como estratégia principal, mas no desenvolvimento de plataformas digitais, conforme discutido nos resultados apresentados na seção 4.

Embora as plataformas digitais representem um meio pelo qual o MaaS é viabilizado no contexto da servitização, os processos intraorganizacionais que se movimentam e seus resultados, ainda que a partir do uso das plataformas, não foi identificado na literatura consultada, constituindo-se como oportunidade de pesquisa futura. Assim, além da ampliação do *corpus* de análise por meio da mesma busca em outras bases de dados, também sugere-se testar a adição de termos complementares para expressões de buscas ampliadas em contextos específicos de manufatura. Deste modo, outras combinações de termos de pesquisa não abordados por este estudo podem ser testadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio ao projeto de pesquisa sob o número de concessão 23/2551-0001849-7.

REFERÊNCIAS

- ADAMSON, Göran *et al.* A Cloud Service Control Approach for Distributed and Adaptive Equipment Control in Cloud Environments. **Procedia CIRP**, v. 41, p. 644–649, 2016.
- ADSIZ, T.; OZTURKOGLU, Y. A conceptual Framework for a New Service Model: digital servitization with an Industrial 4.0 perspective. **Journal of Global Operations and Strategic Sourcing**, 2023.
- ANCILLAI, CHIARA; PASCUCCHI, FEDERICA. Digital Servitization as Business Model Innovation: an explorative study on the role of absorptive capacity. **Sinergie Italian Journal of Management**, v. 41, n. 3, p. 71–93, 2023.
- BAGOZI, Ada *et al.* Interactive Data Exploration as a Service for the Smart Factory. *In: 2017, 2017 IEEE International Conference on Web Services (ICWS)*. : IEEE, 2017. p. 293–300.
- BAINES, Tim *et al.* Framing the servitization transformation process: A model to understand and facilitate the servitization journey. **International Journal of Production Economics**, v. 221, 2020.

BULUT, Serdar *et al.* Impact of Manufacturing-as-a-Service: Business Model Adaption for Enterprises. **Procedia CIRP**, v. 104, p. 1286–1291, 2021.

BURGER, Markus *et al.* Offering Subscriptions of Industrial Goods: Uncertain Experiment or Necessary Step? **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 71, p. 7029–7043, 2024.

CHAUDHURI, Atanu *et al.* Optimal pricing strategies for manufacturing-as-a service platforms to ensure business sustainability. **International Journal of Production Economics**, v. 234, p. 108065, 2021.

CHOWDHURY, Soumyadeb; REN, Shuang; RICHEY, Robert Glenn. Leveraging artificial intelligence to facilitate green servitization: Resource orchestration and Re-institutionalization perspectives. **International Journal of Production Economics**, v. 281, p. 109519, 2025.

ERMEL, Ana Paula Cardoso; *et al.* **Literature Reviews: Modern Methods for Investigating Scientific and Technological Knowledge**. Springer, 2022. *E-book*.

FACIN, Ana Lucia Figueiredo *et al.* Featured topics in research on digital transformation: Evidence from a bibliometric study and content analysis. **Revista de Administração de Empresas**, v. 62, n. 6, 2022.

FAVORETTO, C. *et al.* An integrated ISM fuzzy MICMAC approach for unfolding the digital servitization implementation. **Journal of Business and Industrial Marketing**, v. 39, n. 9, p. 2038–2054, 2024.

GHOBAKHLOO, Morteza *et al.* Developing capabilities underlying to Industry 4.0 design principles within the manufacturing context. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 34, n. 7, p. 1183–1207, 2023.

GOLDHAR, Joel D.; JELINEK, Mariann. Manufacturing as a service business: CIM in the 21st century. **Computers in Industry**, v. 14, n. 1–3, p. 225–245, 1990.

GONG, Xuejian *et al.* Crowdsourced Manufacturing for Delivery of Manufacturing as a Service. In: 2021, **2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**. IEEE, 2021. p. 1617–1621.

HAAPALA, Karl R. *et al.* An Open Online Product Marketplace to Overcome Supply and Demand Chain Inefficiencies in Times of Crisis. **Smart and Sustainable Manufacturing Systems**, v. 4, n. 3, p. 299–302, 2020.

HUNG, Y. H. Investigating How the Cloud Computing Transforms the Development of Industries. **IEEE Access**, v. 7, p. 181505–181517, 2019.

KARAMANLI, A. *et al.* **Manufacturing-as-a-Service: A Systematic Review of Literature**. [S. l.: s. n.]. v. 2110 CCISE-book.

KHAN, Muztoba Ahmad *et al.* Equipment upgrade service provision in the context of servitization: drivers, capabilities, and resources. **Production Planning & Control**, v. 35, n. 2, p. 187–205, 2024.

KOHTAMÄKI, Marko *et al.* The relationship between digitalization and servitization: The role of servitization in capturing the financial potential of digitalization. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 151, p. 119804, 2020.

LANDOLFI, Giuseppe *et al.* An Ontology Based Semantic Data Model Supporting A Maas Digital Platform. *In*: 2018, **2018 International Conference on Intelligent Systems (IS)**. IEEE, 2018. p. 896–904.

LANDOLFI, Giuseppe *et al.* A MaaS platform architecture supporting data sovereignty in sustainability assessment of manufacturing systems. **Procedia Manufacturing**, v. 38, p. 548–555, 2019.

MAHMOODI, Ehsan; FATHI, Masood. Policy Making to Encourage Platform Thinking in Manufacturing: A System Dynamics-based Multi-Objective Optimization Approach. **Procedia CIRP**, v. 130, p. 1164–1169, 2024.

MARRA, Evelina *et al.* Digital Twin-Based Solution as Key Enabler to Unlock an Extended Version of Manufacturing as a Service Business Model. *In*: 2024, **IEEE International Conference on Engineering, Technology, and Innovation (ICE/ITMC)**. IEEE, 2024. p. 1–9.

MINAYA, Pedro E.; AVELLA, Lucía; TRESPALACIOS, Juan A. Innovation and competitiveness in the industry 4.0 era: the SYNCHRO framework for digital servitization. **Business Process Management Journal**, 2024.

MOERGESTEL, L. V. *et al.* Implementing manufacturing as a service: A pull-driven agent-based manufacturing grid. *In*: 2015, **Ceur Workshop Proceedings**. p. 172–187.

NGUYEN, Lam Duc *et al.* Analysis of distributed ledger technologies for industrial manufacturing. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 18055, 2022.

PAHWA, Deepak; STARLY, Binil. Dynamic matching with deep reinforcement learning for a two-sided Manufacturing-as-a-Service (MaaS) marketplace. **Manufacturing Letters**, v. 29, p. 11–14, 2021.

TAO, F. *et al.* Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 94, n. 9–12, p. 3563–3576, 2018.

VANDERMERWE, Sandra; ERIXON, David. Servitization of business updated: Now, new, next. **European Management Journal**, v. 41, n. 4, p. 479–487, 2023.

VANDERMERWE, Sandra; RADA, Juan. Servitization of Business: Adding value by adding services. **European Management Journal**, v. 6, n. 4, p. 314–324, 1988.

VIITAMO, Esa; LUOTO, Seppo; SEPPÄLÄ, Timo. Servitization in contract manufacturing – evidence from Polar business cases. **Strategic Outsourcing**, v. 9, n. 3, p. 246–270, 2016.

WEST, Shaun; GAIARDELLI, Paolo; RAPACCINI, Mario. Exploring technology-driven

service innovation in manufacturing firms through the lens of Service Dominant logic. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 1317–1322, 2018.

WU, Xiaoxia *et al.* The Effects of Servitization, Digitalization, and Digital Learning Orientation on Sustainable Performance: A Hybrid PLS-SEM-ANN Model. **IEEE Access**, v. 13, p. 30570–30585, 2025.