

Propulsores e barreiras da virtualização em micro e pequenas empresas

Drivers and Barriers to Virtualization in Micro and Small Enterprises

Leandro Loffeu Pereira Costa

Universidade de Vassouras
leandroloffeu@gmail.com

Fabricio Tadeu Dias

Universidade Federal Fluminense
fabricio_dias@id.uff.br

Douglas Vieira Barboza

Universidade Iguaçu
douglas.barboza@campus1.unig.br

Marcio Alexandre Dias Garrido

Universidade Federal Fluminense
marciogarrido@id.uff.br

RESUMO

A digitalização amplia a dependência das micro e pequenas empresas (MPEs) de infraestruturas computacionais flexíveis, mas sua adoção tecnológica é condicionada por recursos, competências e capacidades organizacionais. Não está suficientemente esclarecido como a literatura articula os benefícios e as barreiras da virtualização especificamente no contexto das MPEs. Este estudo investigou os principais propulsores e barreiras à adoção e à utilização de tecnologias de virtualização nessas organizações por meio de uma revisão integrativa da literatura, com buscas em bases científicas, seleção orientada por critérios de elegibilidade, análise temática e distinção entre evidências diretas e indiretas sobre MPEs. Os achados apontam como propulsores a consolidação de recursos, a flexibilidade, a racionalização de custos e o suporte à continuidade operacional; entre as barreiras, destacam-se o investimento, as competências técnicas, a segurança, a complexidade e a compatibilidade. A virtualização gera valor de forma contingencial, conforme a escala, a infraestrutura e a capacidade organizacional da empresa.

Palavras-chave: Transformação digital. Adoção tecnológica. Infraestrutura de TI. Capacidades organizacionais. Gestão de tecnologia.

ABSTRACT

Digitalization increases micro and small enterprises' (MSEs) reliance on flexible computing infrastructures, but technology adoption is constrained by available resources, competencies, and organizational capabilities. It remains insufficiently understood how the literature articulates the benefits and barriers of virtualization specifically in the context of MSEs. This study investigated the main drivers and barriers to the adoption and use of virtualization technologies in these organizations through an integrative literature review, involving searches across scientific databases, study selection based on predefined eligibility criteria, thematic

analysis, and a distinction between direct and indirect evidence concerning MSEs. The findings identify resource consolidation, flexibility, cost rationalization, and support for operational continuity as drivers; the main barriers include investment requirements, technical competencies, security, complexity, and compatibility. Virtualization creates value contingently, depending on the organization's scale, infrastructure, and organizational capabilities.

Keywords: Digital transformation. Technology adoption. IT infrastructure. Organizational capabilities. Technology management.

1. INTRODUÇÃO

A incorporação de tecnologias digitais aos processos empresariais tem assumido importância crescente para organizações de diferentes portes. No caso das micro e pequenas empresas (MPEs), a adoção tecnológica apresenta características particulares, pois essas organizações costumam operar com menor disponibilidade de recursos financeiros, humanos e tecnológicos. Estudos sobre tecnologia da informação em pequenas empresas mostram que os resultados da informatização dependem do conhecimento dos gestores, da disponibilidade de recursos e da capacidade organizacional de incorporar a tecnologia às práticas de gestão (PRATES; OSPINA, 2004), e que o conhecimento sobre o uso da tecnologia e a disponibilidade de equipamentos constituem fatores relevantes para o emprego da tecnologia da informação no controle financeiro de microempresas (PLÁCIDO; SANTOS; MURTA, 2015).

Nesse quadro, torna-se pertinente examinar tecnologias de infraestrutura capazes de alterar a forma como as empresas disponibilizam, utilizam e administram seus recursos computacionais. Entre elas está a virtualização, entendida como um conjunto de técnicas que criam camadas de abstração sobre recursos computacionais, permitindo a execução de ambientes ou cargas de trabalho de maneira isolada e compartilhada sobre uma infraestrutura física comum (NANDA; CHIUEH, 2005). A virtualização compreende modalidades tecnicamente distintas, entre as quais máquinas virtuais, virtualização de servidores, de armazenamento, de redes e tecnologias de containerização, com diferenças relevantes de desempenho, isolamento e gerenciamento (SEPÚLVEDA RODRÍGUEZ et al., 2022); não deve, ainda, ser confundida com computação em nuvem, um modelo de fornecimento de recursos sob demanda que pode utilizar a virtualização como uma de suas tecnologias de base, mas que não se resume a ela (MELL; GRANCE, 2011). Essas distinções são retomadas e aprofundadas no referencial teórico, na medida em que orientam a interpretação dos estudos incluídos nesta revisão.

A relevância dessa distinção aumenta quando a análise é deslocada para as MPEs, já que a adoção de tecnologias por organizações de menor porte não depende exclusivamente do desempenho técnico da solução. Uma revisão sistemática sobre adoção tecnológica em pequenas e médias empresas identificou categorias de fatores associadas à tecnologia, à organização, ao ambiente, às finanças, às pessoas, à infraestrutura, aos recursos, à estratégia e ao conhecimento (ZAMANI, 2022), evidência de que decisões de adoção precisam considerar simultaneamente características da tecnologia e condições organizacionais. Lima e Silva (2019), ao analisarem desafios da inovação em MPEs, identificaram limitações de recursos financeiros e de capacidade de captação capazes de comprometer a adoção de novas tecnologias; mais recentemente, Batista, Arouca e Lobato (2024) verificaram, em estudo sobre digitalização de MPEs, que tecnologias disponíveis nem sempre são plenamente aproveitadas pelas empresas, apontando falta de capacitação e de tempo para planejamento como barreiras, e pressão mercadológica, concorrencial e políticas públicas como fatores de estímulo.

Esses achados sugerem que a discussão sobre virtualização em MPEs não deve limitar-se à descrição técnica de hipervisores, máquinas virtuais ou containers, mas precisa compreender também quais condições favorecem ou dificultam sua adoção. Do ponto de vista técnico, Giallorenzo et al. (2021) demonstraram, por meio de benchmarks comparando Docker, KVM, Podman, VMware Workstation, VirtualBox e Xen, que o custo computacional da virtualização varia conforme o perfil da aplicação e a tecnologia empregada, não sendo adequado atribuir superioridade universal a nenhuma delas, constatação relevante para as MPEs, pois uma decisão baseada apenas na expectativa genérica de redução de custos pode desconsiderar despesas de migração, capacitação, licenciamento e adequação da infraestrutura. Em sentido semelhante, Lambropoulos, Mitropoulos e Douligeris (2021), em estudo de caso no setor financeiro, analisaram a virtualização como parte de uma estratégia de atualização de infraestrutura legada, reforçando que seus efeitos econômicos dependem do contexto organizacional específico e não devem ser generalizados para empresas de outros portes ou setores.

Para as MPEs, essa constatação assume importância adicional: se a consolidação de cargas de trabalho pode melhorar a utilização de recursos físicos, sua adoção também pode exigir conhecimentos técnicos, mecanismos de monitoramento, políticas de segurança e procedimentos de recuperação nem sempre disponíveis internamente. A literatura sobre pequenos negócios reforça esse ponto ao indicar que a tecnologia não deve ser analisada isoladamente das capacidades organizacionais (ALVES; SILVA, 2021).

Diante do exposto, esta pesquisa parte da premissa de que a virtualização apresenta diferentes propulsores e barreiras quando analisada sob a perspectiva das MPEs. Neste estudo, propulsores são entendidos como fatores que favorecem a decisão de adoção ou utilização da tecnologia, e barreiras como fatores que dificultam, retardam ou limitam esse processo, sem que essa terminologia pressuponha causalidade universal de qualquer fator isolado.

A partir dessa delimitação, estabelece-se a seguinte questão de pesquisa: quais fatores são identificados na literatura como propulsores e barreiras à adoção e utilização da virtualização em micro e pequenas empresas?

O objetivo geral é identificar e sintetizar os fatores apontados pela literatura como propulsores e barreiras à adoção e utilização de tecnologias de virtualização em micro e pequenas empresas. Como objetivos específicos, pretende-se: (a) delimitar conceitualmente a virtualização e suas principais modalidades; (b) identificar benefícios e condições que podem atuar como propulsores da adoção; (c) identificar barreiras tecnológicas, organizacionais, econômicas e ambientais; e (d) discutir as implicações desses fatores para a decisão de adoção da tecnologia em MPEs.

O reposicionamento do estudo para as MPEs aproxima a discussão tecnológica das questões próprias da gestão de pequenos negócios, dirigindo-se à comunidade acadêmica e empresarial das áreas de Administração e Gestão de Negócios. A contribuição pretendida não consiste em afirmar que a virtualização é necessariamente vantajosa para todas as MPEs, mas em sistematizar as condições sob as quais seus benefícios potenciais podem ser considerados e os obstáculos que precisam ser avaliados, deslocando a discussão de uma perspectiva predominantemente tecnológica para uma perspectiva de adoção e gestão da tecnologia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Virtualização: conceito, características e delimitação

A virtualização constitui uma tecnologia de infraestrutura computacional baseada na abstração de recursos físicos, permitindo que diferentes ambientes de execução compartilhem processamento, memória, armazenamento e rede. Em arquiteturas baseadas em máquinas virtuais, uma camada de software, usualmente denominada hipervisor ou *virtual machine monitor* (VMM), gerencia o acesso das máquinas virtuais aos recursos físicos do hospedeiro, possibilitando que diferentes sistemas operacionais e aplicações sejam executados de maneira

logicamente isolada sobre a mesma infraestrutura (BARHAM et al., 2003). Essa característica distingue a virtualização da emulação: enquanto a primeira busca oferecer aos ambientes convidados uma abstração dos recursos disponíveis, preservando em diferentes graus a compatibilidade com a arquitetura subjacente, a segunda reproduz o comportamento de uma arquitetura distinta daquela utilizada fisicamente. Neste estudo, o termo virtualização é empregado para designar mecanismos de abstração, isolamento e compartilhamento de recursos computacionais, não processos de emulação.

A virtualização assume diferentes formas (virtualização de servidores e máquinas virtuais, de armazenamento e de redes, e tecnologias baseadas em contêineres), que não são tecnologicamente equivalentes: máquinas virtuais executam sistemas operacionais convidados completos sobre uma camada de virtualização, enquanto contêineres compartilham componentes do sistema operacional hospedeiro, com implicações diferentes de isolamento, desempenho e gerenciamento. Por essa razão, esta revisão trata a virtualização como um campo tecnológico abrangente, mas distingue máquinas virtuais e contêineres quando necessário à interpretação dos estudos analisados. A literatura experimental corrobora essa distinção: Giallorenzo et al. (2021) compararam máquinas virtuais e contêineres a ambientes bare metal por meio de benchmarks envolvendo Docker, KVM, Podman, VMware Workstation, VirtualBox e Xen, e observaram que o impacto da tecnologia sobre os recursos computacionais varia conforme o perfil da aplicação, não podendo ser tratado como uma constante independente dela.

Também é necessário distinguir virtualização de computação em nuvem. Para Mell e Grance (2011), a computação em nuvem corresponde a um modelo de acesso sob demanda a um conjunto compartilhado de recursos computacionais configuráveis, caracterizado por provisionamento sob demanda, amplo acesso pela rede, agrupamento de recursos, elasticidade e mensuração do uso. A virtualização pode sustentar esse modelo, mas sua existência não implica, por si só, uma arquitetura de computação em nuvem: a nuvem envolve também modelos de serviço, provisionamento, gerenciamento e implantação que extrapolam a tecnologia de virtualização em si.

Essa ressalva é particularmente relevante para as MPEs, que costumam avaliar investimentos tecnológicos considerando simultaneamente restrições financeiras, disponibilidade de competências, necessidade de continuidade operacional e adequação da solução ao porte e à complexidade do negócio. Uma pequena empresa pode utilizar serviços de

computação em nuvem sem administrar diretamente um ambiente de virtualização próprio, transferindo parte da complexidade da infraestrutura ao provedor; alternativamente, pode implementar virtualização localmente, mantendo maior controle sobre os recursos, mas assumindo responsabilidades adicionais de hardware, segurança, atualização, backup e disponibilidade. A decisão pela virtualização não deve, portanto, ser tratada como consequência automática da evolução tecnológica, mas como decisão organizacional que envolve custos, benefícios, riscos e capacidades internas, o que aproxima essa discussão da transformação digital de pequenos negócios de maneira geral. Silva et al. (2024), ao estudarem o varejo de pequenos negócios, demonstraram que a adoção de recursos digitais deve ser relacionada às formas como essas organizações interagem com clientes e desenvolvem suas atividades, e não compreendida apenas como aquisição de tecnologia, contribuição pertinente a este trabalho por evidenciar que tecnologias digitais assumem significado distinto quando inseridas na realidade operacional dos pequenos negócios.

Neste artigo, a virtualização é compreendida como uma tecnologia de infraestrutura que pode apoiar a consolidação e o gerenciamento dos recursos computacionais de uma organização. O foco da revisão não está em avaliar uma tecnologia específica ou em defender a virtualização como solução universal, mas em identificar, na literatura, os fatores que podem favorecer ou dificultar sua adoção e utilização em organizações de menor porte.

2.2 Virtualização e geração de valor para micro e pequenas empresas

A adoção de tecnologias de infraestrutura por MPEs deve ser analisada a partir de sua capacidade de atender necessidades concretas do negócio, como a redução da ociosidade de recursos, a flexibilidade para expansão da infraestrutura, a continuidade dos serviços, a simplificação do gerenciamento e a adequação dos recursos tecnológicos à demanda.

Um dos mecanismos associados à virtualização é a consolidação de cargas de trabalho: em vez de manter aplicações em servidores físicos subutilizados, uma organização pode executar múltiplos ambientes virtuais em um mesmo hospedeiro, elevando a utilização dos recursos disponíveis e reduzindo a necessidade de equipamentos independentes para cada carga (BARHAM et al., 2003). Essa possibilidade, porém, não significa necessariamente redução de custos em qualquer contexto: o resultado econômico depende da capacidade dos equipamentos existentes, do perfil das cargas de trabalho, do licenciamento de software, dos custos de implantação, da capacitação da equipe e das despesas de operação e manutenção. Lambropoulos, Mitropoulos e Douligeris (2021), em estudo de caso realizado em uma

instituição financeira, analisaram uma infraestrutura real e projetaram os efeitos econômicos da consolidação, incluindo investimentos, despesas operacionais e retorno sobre o investimento; seus resultados, contudo, dependem das características daquela infraestrutura específica e não podem ser generalizados para outras organizações.

Para as MPEs, essa questão assume importância adicional porque o investimento em tecnologia compete com outras necessidades do negócio. O benefício econômico da virtualização deve, portanto, ser avaliado no contexto específico da empresa, relacionado, por exemplo, à maior utilização da infraestrutura existente, à redução de equipamentos físicos ou à possibilidade de oferecer novos serviços sem expansão proporcional da infraestrutura, e não pela expectativa genérica de economia de hardware. O retorno sobre o investimento constitui uma métrica de apoio à decisão, e não uma consequência automática da adoção: questões como risco, necessidade de capital, custos recorrentes, dependência de fornecedores, disponibilidade de competências e impacto sobre a continuidade dos serviços também precisam ser consideradas. Essa perspectiva é compatível com estudos que analisam a gestão tecnológica em pequenos negócios a partir de suas restrições e capacidades próprias: Alves, Aires e Salgado (2023), ao investigarem ações do Programa Agentes Locais de Inovação em MPEs, reforçam que a adoção de práticas inovadoras nessas organizações deve ser compreendida em relação às suas capacidades e necessidades, e não como simples incorporação de tecnologia.

Outro possível propulsor está relacionado à flexibilidade operacional. A virtualização permite criar, modificar, replicar ou remover ambientes computacionais sem que cada operação dependa da instalação de um novo servidor físico, o que pode facilitar atividades de teste, desenvolvimento, homologação e implantação de sistemas, ainda que os ganhos dependam da infraestrutura disponível e das competências necessárias para administrar os ambientes virtualizados.

A literatura permite, assim, identificar como possíveis propulsores da virtualização em MPEs a consolidação de recursos, a flexibilidade da infraestrutura, a adequação dos recursos à demanda, a simplificação de operações de infraestrutura e o potencial de racionalização de custos, desde que esses benefícios sejam avaliados em função das características do ambiente tecnológico e organizacional da empresa.

2.3 Barreiras e riscos da virtualização em micro e pequenas empresas

Os benefícios potenciais da virtualização não eliminam os desafios associados à sua adoção. Em MPes, as barreiras podem ser particularmente relevantes porque a implantação e a administração de uma infraestrutura virtualizada exigem recursos financeiros, conhecimento técnico e capacidade de planejamento.

A primeira barreira relaciona-se ao investimento inicial e aos custos de transição: a adoção pode exigir atualização de servidores, armazenamento, rede, sistemas de backup, licenças, ferramentas de gerenciamento ou contratação de serviços especializados, de modo que a possibilidade de reduzir o número de servidores físicos não significa migração imediatamente mais barata. Lambropoulos, Mitropoulos e Douligeris (2021) demonstram essa característica ao apresentar um caso em que o investimento inicial precede os resultados financeiros projetados, reforçando que a análise econômica deve considerar diferentes períodos e componentes de custo.

Uma segunda barreira corresponde à disponibilidade de competências técnicas. A virtualização modifica a forma como os recursos de infraestrutura são administrados e pode exigir conhecimentos relacionados a hipervisores, redes virtuais, armazenamento, backup, segurança, monitoramento e recuperação de ambientes; em organizações com equipes reduzidas, a concentração dessas atividades em poucos profissionais aumenta a dependência de competências específicas. Esse aspecto aproxima-se de achados de Oliveira et al. (2024), cuja revisão sistemática sobre gestão de projetos em PMEs identificou benefícios e limitações relacionados tanto às características das empresas quanto às práticas de gestão adotadas, reforçando a importância de interpretar tecnologia e gestão considerando as limitações organizacionais próprias de empresas de menor porte.

A terceira barreira relaciona-se à segurança. A virtualização pode proporcionar isolamento entre ambientes, mas isso não implica automaticamente maior segurança: a infraestrutura virtualizada introduz componentes adicionais (hipervisores, interfaces de gerenciamento, redes virtuais) que precisam ser configurados, atualizados e monitorados, e uma vulnerabilidade em uma camada pode afetar múltiplos ambientes que dela dependem. Pedrini e Carvalho (2025), ao discutirem a aplicação da LGPD em sistemas de software de pequeno porte, destacam que organizações menores enfrentam restrições financeiras, técnicas e organizacionais para implementar controles de proteção de dados, defendendo medidas proporcionais ao risco e à capacidade operacional; embora o estudo não trate de virtualização,

sua contribuição é diretamente relevante para compreender a segurança como dimensão que precisa ser compatibilizada com a capacidade operacional das MPEs. A virtualização não deve, assim, ser apresentada como mecanismo suficiente de proteção: seu uso pode apoiar estratégias de isolamento, recuperação e gerenciamento, mas a segurança depende de um conjunto mais amplo de controles técnicos e organizacionais, incluindo políticas de acesso, atualização de software, autenticação, backup, monitoramento e capacitação.

Outra barreira refere-se à compatibilidade e à dependência tecnológica. Sistemas legados podem apresentar dificuldades de migração para ambientes virtualizados, e aplicações específicas podem se comportar de maneira distinta conforme o hipervisor, o sistema operacional, os drivers e os recursos disponíveis, o que reforça a evidência de Giallorenzo et al. (2021) de que o desempenho relativo das tecnologias de virtualização varia conforme o perfil da aplicação, devendo a escolha da solução considerar as características técnicas das cargas de trabalho existentes.

A disponibilidade também precisa ser tratada com cautela: a virtualização pode facilitar estratégias de migração, recuperação e continuidade, mas não garante disponibilidade por si mesma, uma vez que uma arquitetura com um único servidor físico permanece sujeita à falha desse equipamento, ainda que nele estejam hospedadas diversas máquinas virtuais. Maior resiliência exige mecanismos adicionais, como redundância de componentes, múltiplos hosts, armazenamento adequado, backup e procedimentos de recuperação; tecnologias como *live migration* podem reduzir a indisponibilidade associada a determinadas operações, desde que a infraestrutura e as condições técnicas sejam compatíveis, mas não é tecnicamente adequado afirmar que a virtualização elimina o *downtime* ou garante continuidade ininterrupta. Merece atenção, por fim, a dependência de fornecedores e de conhecimento especializado: uma solução proprietária pode facilitar o uso e o suporte, mas aumenta a dependência de um fornecedor específico, enquanto tecnologias de código aberto podem reduzir custos de licenciamento à custa de maior exigência de capacidade técnica interna ou de suporte especializado contratado, de modo que a decisão deve considerar o conjunto de custos e competências necessários ao longo do ciclo de utilização, e não apenas o preço de aquisição.

Com base nessa literatura, as barreiras à adoção da virtualização em MPEs podem ser agrupadas em seis dimensões analíticas: econômica (investimento e custos recorrentes), tecnológica (compatibilidade e desempenho), organizacional (capacidade de planejamento e gestão), competências (disponibilidade de conhecimento especializado), segurança (proteção,

acesso e configuração dos ambientes) e dependência (necessidade de fornecedores, tecnologias e serviços especializados). Essa categorização aproxima a discussão tecnológica da realidade administrativa das MPEs: em vez de considerar a virtualização intrinsecamente vantajosa ou desvantajosa, a literatura sugere que seus resultados dependem da correspondência entre a solução adotada, as características da infraestrutura, o perfil das aplicações e a capacidade organizacional de administrá-la

3. METODOLOGIA

3.1 Delineamento da pesquisa, questão e objetivo

Esta pesquisa caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter exploratório-descritivo, orientada pela identificação e síntese dos fatores associados à adoção e à utilização de tecnologias de virtualização em micro e pequenas empresas (MPEs). A revisão integrativa foi escolhida por possibilitar a reunião de estudos com diferentes abordagens metodológicas (evidências empíricas, estudos de caso, análises quantitativas, estudos qualitativos e contribuições teóricas), o que é pertinente ao objeto desta pesquisa, uma vez que a literatura sobre virtualização aborda simultaneamente aspectos tecnológicos, econômicos, operacionais e organizacionais (WHITTEMORE; KNAFL, 2005).

O procedimento foi organizado em cinco etapas, segundo a lógica proposta por Whittemore e Knafl (2005): (i) definição do problema e da questão de pesquisa; (ii) estabelecimento dos critérios de busca e seleção; (iii) extração e organização das informações; (iv) análise e síntese dos achados; e (v) apresentação dos resultados e conclusões. Embora a pesquisa não constitua uma revisão sistemática ou uma scoping review, foram adotadas recomendações de transparência do PRISMA para a apresentação das etapas de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos (PAGE et al., 2021).

A revisão foi orientada pela seguinte questão de pesquisa: quais fatores são identificados na literatura como propulsores e barreiras à adoção e à utilização da virtualização em micro e pequenas empresas? Neste estudo, propulsores designam fatores que favorecem, estimulam ou justificam a adoção ou utilização da virtualização, e barreiras correspondem a fatores que a dificultam, restringem, encarecem ou condicionam. O objetivo da revisão foi identificar, organizar e analisar os principais propulsores e barreiras associados à adoção e à utilização de tecnologias de virtualização em MPEs, considerando aspectos econômicos, tecnológicos, operacionais, organizacionais e de segurança. Trabalhos que abordam a virtualização exclusivamente sob perspectiva técnica foram utilizados para caracterizar a tecnologia, mas

somente incorporados à síntese central quando apresentaram implicações relacionadas à adoção, utilização, desempenho, custo, segurança, disponibilidade ou gestão da infraestrutura.

3.2 Estratégia de busca e fontes de informação

A busca bibliográfica foi estruturada a partir de três grupos conceituais de termos (virtualização, contexto organizacional e porte empresarial), contemplando diferentes denominações utilizadas na literatura para a tecnologia e para empresas de menor porte. Foram considerados, entre outros: para virtualização, "virtualização", "virtualization", "virtual machine(s)", "hypervisor", "virtual infrastructure", "server virtualization", "container(s)"; para empresas, "empresa(s)", "business(es)", "organization(s)", "firm(s)"; e para pequenas empresas, "microempresa(s)", "pequena(s) empresa(s)", "small business(es)", "small enterprise(s)", "SME(s)", "micro and small enterprises". A combinação dos termos foi realizada mediante operadores booleanos AND e OR, com adaptação da sintaxe a cada base consultada, segundo a estrutura geral: ("virtualização" OR "virtualization" OR "virtual machine" OR "virtual machines" OR "hypervisor" OR "server virtualization" OR "container" OR "containers") AND ("small business" OR "small businesses" OR "small enterprise" OR "small enterprises" OR SME OR SMEs OR "micro and small enterprises" OR microempresa OR microempresas OR "pequena empresa" OR "pequenas empresas"). Quando a combinação direta entre os termos de virtualização e de MPE resultou em baixa recuperação, foram realizadas buscas complementares com os termos tecnológicos e organizacionais separadamente, desde que o estudo recuperado apresentasse relação explícita com o problema de pesquisa.

A busca priorizou bases e indexadores de literatura científica, tendo SciELO, Scopus e Web of Science como fontes prioritárias para a recuperação de artigos indexados; o Portal de Periódicos CAPES foi utilizado como mecanismo de acesso a bases e periódicos, e não como uma base bibliográfica única. O ResearchGate não foi tratado como base de dados equivalente às anteriores, restringindo-se sua eventual utilização à localização de texto de uma publicação já identificada; da mesma forma, a Elsevier foi tratada como editora e provedora de conteúdo, registrando-se, quando aplicável, a base efetivamente responsável pela indexação de cada publicação recuperada.

3.3 Delimitação temporal e critérios de elegibilidade

O período principal de análise compreendeu estudos publicados entre 2020 e 2025, privilegiando evidências recentes sobre tecnologias de virtualização, transformação digital e

infraestrutura computacional. Referências anteriores a 2020 foram incorporadas de maneira complementar quando apresentaram relevância conceitual ou metodológica indispensável, sobretudo trabalhos clássicos de fundamentação tecnológica, evitando que o recorte temporal impedisse a utilização de referências necessárias à definição de conceitos ou à sustentação do método. Os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Critérios de inclusão e exclusão dos estudos

Dimensão	Critérios de inclusão	Critérios de Exclusão
Tema	Estudos relacionados à virtualização, máquinas virtuais, virtualização de servidores, hipervisores, infraestrutura virtualizada ou tecnologias diretamente relacionadas	Estudos sem relação com virtualização ou cuja tecnologia central seja completamente distinta
Contexto empresarial	Estudos que apresentem aplicação, implicação ou discussão relacionada a organizações, empresas ou ambientes corporativos	Estudos exclusivamente domésticos, educacionais ou laboratoriais sem possibilidade de relação com o contexto empresarial
Porte	Estudos direcionados a micro, pequenas ou pequenas e médias empresas foram priorizados	Estudos sem relação possível com organizações de menor porte quando seus resultados forem exclusivamente dependentes de estruturas de grande escala
Fenômeno analisado	Estudos que apresentem benefícios, custos, riscos, barreiras, fatores de adoção, desempenho, segurança, flexibilidade, disponibilidade ou outros efeitos relacionados à utilização da virtualização	Estudos que apenas mencionem virtualização sem desenvolver qualquer aspecto relacionado ao problema de pesquisa
Tipo de publicação	Artigos científicos revisados por pares e trabalhos acadêmicos com informações metodológicas e bibliográficas verificáveis	Notícias, páginas comerciais, materiais promocionais, textos sem autoria identificável e documentos sem informações suficientes para validação
Idioma	Português, inglês ou espanhol	Publicações em outros idiomas sem tradução ou informações suficientes para análise
Disponibilidade	Estudos com texto completo disponível para análise	Registros cujo conteúdo integral não pudesse ser acessado ou cuja informação disponível fosse insuficiente para extração dos dados
Período	2020–2025, com exceções justificadas para fundamentação conceitual/metodológica	Estudos fora do período que não apresentassem contribuição conceitual ou metodológica necessária

A ausência da expressão "micro e pequena empresa" no título ou nas palavras-chave não constituiu motivo automático de exclusão: estudos sobre pequenas e médias empresas ou ambientes empresariais de menor escala foram considerados quando seus resultados apresentaram implicações transferíveis ao contexto das MPEs, o que evita restrição excessiva da amostra e reconhece que parte da literatura utiliza categorias mais amplas, como *small and medium enterprises* (SMEs), sem distinguir microempresas e pequenas empresas. Estudos provenientes de grandes organizações, por sua vez, foram tratados com cautela: quando seus resultados dependiam de estruturas, equipes ou investimentos incompatíveis com empresas de menor porte, não foram apresentados como evidência direta sobre MPEs, mas utilizados apenas como evidência tecnológica ou comparativa, com essa limitação explicitada na discussão.

3.4 Processo de seleção e extração dos dados

O processo de seleção foi estruturado em quatro etapas (identificação, triagem, elegibilidade e inclusão), alinhadas às recomendações de transparência do PRISMA 2020 (PAGE et al., 2021). Na identificação, foram registrados todos os resultados recuperados nas bases selecionadas, organizados em uma base de controle contendo título, autores, ano, periódico, base de origem e DOI ou endereço eletrônico persistente, quando disponível. Na triagem, foram removidos registros duplicados e analisados os títulos e resumos dos estudos restantes, excluindo-se trabalhos sem relação clara com a questão de pesquisa. Na elegibilidade, os textos potencialmente pertinentes foram avaliados integralmente, aplicando-se os critérios do Quadro 1 e registrando-se o motivo de exclusão dos estudos que não os atenderam. Os estudos remanescentes foram incorporados ao corpus final da revisão e submetidos à extração padronizada das informações.

Para padronizar a coleta, foi elaborada uma matriz de extração diretamente relacionada à questão de pesquisa, contemplando as variáveis descritas no Quadro 2. Um estudo somente foi utilizado como evidência de determinado propulsor ou barreira quando houve correspondência entre o achado apresentado na publicação e a categoria analítica atribuída pelos autores desta revisão.

Quadro 2: Matriz de extração e análise dos estudos

Variável	Informação extraída
Autor(es) e ano	Identificação bibliográfica do estudo
País/contexto	Local ou contexto organizacional analisado

Variável	Informação extraída
Tipo de estudo	Estudo de caso, experimento, levantamento, revisão, modelagem, estudo teórico etc.
Porte das organizações	Micro, pequenas, médias, grandes ou não especificado
Tecnologia	Máquina virtual, servidor virtualizado, hipervisor, contêiner, nuvem ou outra tecnologia relacionada
Objetivo do estudo	Problema investigado pelos autores
Propulsor identificado	Fator que favorece ou estimula a adoção/utilização
Barreira identificada	Fator que dificulta, restringe ou condiciona a adoção/utilização
Dimensão analítica	Econômica, tecnológica, operacional, organizacional, competências, segurança ou dependência
Evidência apresentada	Resultado ou argumento efetivamente sustentado pelo estudo
Implicação para MPEs	Possível relação do achado com organizações de menor porte
Limitações	Restrições reconhecidas pelos próprios autores ou identificadas na análise

3.5 Avaliação da pertinência e classificação das evidências

A avaliação dos estudos considerou sua adequação à questão de pesquisa, a clareza dos objetivos, a descrição metodológica, a coerência entre método e resultados e a possibilidade de identificar as evidências que sustentam suas conclusões. Não foi atribuído um escore numérico único de qualidade a estudos metodologicamente heterogêneos, dada a diversidade esperada no corpus, que incluiu estudos de caso, experimentos, estudos quantitativos, modelagens e trabalhos conceituais. Em vez disso, os estudos foram classificados segundo sua função na síntese: (i) evidência direta sobre MPEs, quando o estudo investigou micro ou pequenas empresas; (ii) evidência sobre PMEs/SMEs, quando tratou de pequenas e médias empresas sem separar resultados por porte; (iii) evidência empresarial geral, quando analisou organizações sem delimitação de porte; (iv) evidência tecnológica, quando avaliou diretamente uma tecnologia de virtualização, independentemente do porte organizacional; e (v) fundamentação conceitual ou metodológica, quando utilizada para definir conceitos ou sustentar procedimentos de pesquisa. Essa classificação evita que um experimento técnico ou um estudo realizado em uma grande organização seja apresentado como evidência empírica direta sobre MPEs.

Essa distinção decorre do fato de que a literatura técnica sobre virtualização frequentemente é produzida sem delimitação por porte empresarial. Os estudos tecnológicos foram utilizados para compreender efeitos e requisitos da virtualização (consolidação, desempenho, migração, segurança, utilização de recursos), mas seus resultados não foram

automaticamente interpretados como evidências sobre MPEs: para que um achado fosse classificado como diretamente relacionado a essas empresas, o estudo deveria apresentar explicitamente esse contexto ou fornecer evidências organizacionais compatíveis com empresas de menor porte. Quando a relação com MPEs resultou de interpretação dos autores desta revisão, essa condição é explicitada no texto, evitando transformar evidências produzidas em ambientes de grande escala em conclusões universais sobre pequenas empresas.

3.6 Procedimento de análise e síntese dos resultados

A análise dos estudos selecionados foi realizada por meio de uma síntese temática qualitativa. Para isso, os resultados apresentados pelos autores foram comparados e agrupados de acordo com os aspectos mais diretamente relacionados à questão de pesquisa. Em cada estudo, foram identificados fatores descritos como benefícios, motivadores, limitações, custos, riscos, dificuldades ou condições relacionadas à adoção das tecnologias analisadas. Esses fatores foram posteriormente organizados nas dimensões econômica, tecnológica, operacional, organizacional, de competências, de segurança e de dependência tecnológica. A partir dessa organização, foi possível comparar os estudos dentro de cada dimensão e verificar os pontos de convergência e divergência, bem como as condições associadas à presença de determinados fatores.

A definição dos fatores como propulsores ou barreiras ocorreu a partir do que foi encontrado nos estudos, e não de uma classificação estabelecida antes da análise. A presença de um mesmo fator em vários trabalhos também não foi considerada, por si só, como evidência suficiente para classificá-lo como principal. Para essa definição, foram considerados, em conjunto, o número de estudos, a natureza dos achados e a consistência das evidências apresentadas. Dessa forma, expressões como “principal propulsor” ou “principal barreira” foram utilizadas somente quando os resultados da síntese permitiram sustentar essa interpretação. Nos demais casos, foram utilizadas denominações mais cautelosas, como “fator recorrente” ou “fator identificado na literatura”.

A apresentação dos resultados foi dividida em duas etapas. A primeira corresponde à caracterização do corpus analisado, considerando o período de publicação, os tipos de estudo, os contextos organizacionais, as tecnologias abordadas e a relação dos trabalhos com as micro e pequenas empresas (MPEs). A segunda contempla a síntese dos fatores identificados, considerando sua dimensão analítica, natureza, evidências apresentadas, estudos que dão suporte ao achado e relação, direta ou indireta, com as MPEs. As categorias utilizadas na análise não foram tratadas como definitivas desde o início. Quando necessário, foram confirmadas,

excluídas ou ajustadas de acordo com os resultados encontrados nos estudos, evitando atribuir previamente a determinados aspectos o caráter de propulsor ou barreira.

Para manter o registro das etapas da análise, os estudos incluídos foram organizados em uma matriz com informações sobre sua origem, pertinência para a pesquisa, tecnologia investigada, contexto organizacional, principais resultados e contribuição para a síntese. Também foram considerados os princípios de transparência propostos pelo PRISMA 2020 nas etapas de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos. Essa adoção teve como objetivo dar maior clareza ao processo de seleção e análise, sem enquadrar a pesquisa, em sentido estrito, como uma revisão sistemática (PAGE et al., 2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos achados da literatura

A literatura analisada apresenta a virtualização predominantemente como uma tecnologia de infraestrutura destinada à abstração, consolidação e gerenciamento de recursos computacionais, mas não trata seus benefícios como propriedades universais: os resultados dependem do tipo de virtualização empregado, da carga de trabalho, da infraestrutura disponível, do modelo de implantação e dos objetivos organizacionais. Giallorenzo et al. (2021) ilustram essa dependência ao comparar, por meio de benchmarks envolvendo CPU, memória e outros recursos, tecnologias como Docker, KVM, Podman, VMware Workstation, VirtualBox e Xen: o custo computacional da virtualização varia conforme a tecnologia e o perfil da aplicação, e nenhuma modalidade se mostra necessariamente mais eficiente em qualquer situação.

Lambropoulos, Mitropoulos e Douligeris (2021) apresentam evidências de um ambiente empresarial real, no qual a virtualização foi analisada como parte de um processo de modernização de infraestrutura de uma instituição financeira, envolvendo consolidação de servidores, utilização de recursos, consumo de energia, custos operacionais e avaliação financeira. Os autores identificaram resultados favoráveis no cenário analisado, mas esclarecem tratar-se de avaliação aplicada a uma infraestrutura específica, cujos resultados devem ser interpretados como evidência contextual, não como estimativa universal dos benefícios da virtualização.

Essa ressalva orienta o reposicionamento da discussão para as MPEs. A literatura sobre digitalização de pequenos negócios mostra que essas empresas costumam operar com

limitações de recursos financeiros, competências e capacidade organizacional: em estudo com 346 MPEs brasileiras, a maturidade digital concentrou-se predominantemente em níveis iniciais, o que indica que a disponibilidade de uma tecnologia não implica, por si só, sua incorporação efetiva aos processos organizacionais (COSTA et al., 2022). Os resultados da revisão sugerem, assim, que a questão central para as MPEs não é a existência de vantagens da virtualização, mas a adequação entre a tecnologia, os recursos disponíveis e as necessidades do negócio.

A literatura analisada apresenta a virtualização predominantemente como uma tecnologia de infraestrutura destinada à abstração, consolidação e gerenciamento de recursos computacionais, mas não trata seus benefícios como propriedades universais: os resultados dependem do tipo de virtualização empregado, da carga de trabalho, da infraestrutura disponível, do modelo de implantação e dos objetivos organizacionais. Giallorenzo et al. (2021) ilustram essa dependência ao comparar, por meio de benchmarks envolvendo CPU, memória e outros recursos, tecnologias como Docker, KVM, Podman, VMware Workstation, VirtualBox e Xen: o custo computacional da virtualização varia conforme a tecnologia e o perfil da aplicação, e nenhuma modalidade se mostra necessariamente mais eficiente em qualquer situação.

Lambropoulos, Mitropoulos e Douligeris (2021) apresentam evidências de um ambiente empresarial real, no qual a virtualização foi analisada como parte de um processo de modernização de infraestrutura de uma instituição financeira, envolvendo consolidação de servidores, utilização de recursos, consumo de energia, custos operacionais e avaliação financeira. Os autores identificaram resultados favoráveis no cenário analisado, mas esclarecem tratar-se de avaliação aplicada a uma infraestrutura específica, cujos resultados devem ser interpretados como evidência contextual, não como estimativa universal dos benefícios da virtualização.

Essa ressalva orienta o reposicionamento da discussão para as MPEs. A literatura sobre digitalização de pequenos negócios mostra que essas empresas costumam operar com limitações de recursos financeiros, competências e capacidade organizacional: em estudo com 346 MPEs brasileiras, a maturidade digital concentrou-se predominantemente em níveis iniciais, o que indica que a disponibilidade de uma tecnologia não implica, por si só, sua incorporação efetiva aos processos organizacionais (COSTA et al., 2022). Os resultados da revisão sugerem, assim, que a questão central para as MPEs não é a existência de vantagens da

virtualização, mas a adequação entre a tecnologia, os recursos disponíveis e as necessidades do negócio.

4.2 Propulsores da adoção da virtualização

A síntese permitiu identificar quatro grupos principais de propulsores: consolidação e utilização de recursos, flexibilidade operacional, potencial econômico e suporte à continuidade e à escalabilidade da infraestrutura.

4.2.1 Consolidação e melhor utilização dos recursos

A consolidação da infraestrutura constitui um dos benefícios mais recorrentes: a virtualização permite executar diferentes ambientes de processamento sobre uma infraestrutura física compartilhada, reduzindo a necessidade de equipamento dedicado para cada carga de trabalho. Lambropoulos, Mitropoulos e Douligeris (2021) registraram, no ambiente empresarial analisado, a consolidação de 77 servidores físicos em 12 hosts, associada a ganhos de utilização, administração e flexibilidade; por se tratar de um caso específico, porém, esse resultado não deve ser extrapolado diretamente para MPEs, que normalmente apresentam escala, quantidade de servidores e perfil de carga substancialmente diferentes.

Para as MPEs, a relevância desse propulsor está menos na possibilidade de reproduzir determinada taxa de consolidação e mais na possibilidade de reduzir a fragmentação da infraestrutura de TI: uma empresa pequena que mantenha múltiplos serviços locais pode, dependendo do cenário, concentrar diferentes cargas em uma infraestrutura compartilhada ou recorrer a serviços virtualizados de terceiros. O benefício esperado relaciona-se, portanto, à utilização mais racional dos recursos, e não a uma redução automática da quantidade de equipamentos. Dias et al. (2023) identificaram os recursos tecnológicos entre as dimensões relevantes para o desempenho organizacional, o que permite compreender a virtualização como alternativa tecnológica cuja contribuição depende de sua articulação com recursos físicos, humanos, financeiros e organizacionais.

4.2.2 Flexibilidade e capacidade de provisionamento

Outro propulsor identificado relaciona-se à flexibilidade proporcionada pela separação entre ambientes computacionais e infraestrutura física: a virtualização pode facilitar a criação, alteração, movimentação e administração de ambientes, reduzindo a dependência de configurações físicas específicas. Bhardwaj e Sharma (2025) desenvolveram um modelo

analítico para avaliar medidas de desempenho e confiabilidade de um sistema virtualizado, considerando a migração de máquinas virtuais e a existência de um host de reserva, e mostraram como determinados recursos de virtualização podem ser empregados em arquiteturas voltadas à continuidade operacional, sem que isso constitua evidência de que toda implantação virtualizada produz automaticamente maior disponibilidade ou confiabilidade.

Para as MPEs, a flexibilidade pode ser relevante porque permite que a infraestrutura acompanhe mudanças na demanda sem que cada alteração exija a aquisição imediata de novos equipamentos físicos, possibilidade que depende, contudo, da capacidade técnica de administrar o ambiente e da disponibilidade de recursos compatíveis. Batista, Arouca e Lobato (2024), ao estudarem a digitalização de MPEs, identificaram que a existência de tecnologias disponíveis não garante seu aproveitamento pleno, apontando falta de treinamento e de tempo para planejamento estratégico como barreiras, e pressão concorrencial e mercadológica como fatores de estímulo à adoção. A flexibilidade tecnológica constitui, portanto, um propulsor potencial cuja realização depende das capacidades organizacionais existentes na empresa.

4.2.3 Potencial econômico e racionalização dos custos

A possibilidade de racionalização dos custos aparece como outro fator de estímulo: a consolidação de cargas pode reduzir despesas associadas a aquisição, manutenção, espaço físico, energia e administração de equipamentos, ainda que a literatura analisada não permita tratar essa redução como consequência necessária da virtualização. O estudo de Lambropoulos, Mitropoulos e Douligeris (2021) é ilustrativo: na instituição financeira analisada, a adoção foi acompanhada de uma avaliação de cinco anos envolvendo investimento, economias operacionais e retorno sobre o investimento, com retorno positivo projetado após o período inicial de implantação, mas os valores resultam de uma infraestrutura específica e de premissas econômicas próprias daquele caso.

Esse resultado é particularmente relevante para as MPEs porque evidencia que o argumento econômico precisa considerar o custo total de propriedade, e não apenas o preço dos equipamentos substituídos: custos de licenciamento, serviços especializados, migração, capacitação, manutenção, armazenamento, conectividade e segurança também devem integrar a avaliação. O retorno sobre o investimento deve, portanto, ser interpretado como métrica de apoio à decisão, e não como prova isolada de viabilidade; para uma MPE, uma alternativa tecnicamente eficiente pode não ser economicamente adequada se exigir investimentos incompatíveis com sua capacidade financeira. Hersen e Santos (2024), ao analisarem a

viabilidade econômica de uma alternativa de geração de energia em uma indústria de pequeno porte, reforcem, ainda que fora do campo da virtualização, a necessidade de avaliar tecnologias segundo as condições econômicas específicas do empreendimento.

4.2.4 Escalabilidade e continuidade operacional

A literatura também associa a virtualização à possibilidade de ampliar ou reorganizar recursos computacionais de forma mais flexível: a migração de máquinas virtuais, mecanismos de failover e arquiteturas com recursos redundantes podem contribuir para a continuidade operacional, desde que efetivamente implementados. Bhardwaj e Sharma (2025) analisam um cenário no qual a migração de máquinas virtuais e a existência de um host de reserva compõem uma arquitetura voltada à confiabilidade, resultado que demonstra o potencial desses mecanismos sem permitir afirmar que a virtualização, isoladamente, assegure continuidade ou disponibilidade.

Para MPEs, essa distinção importa: a adoção de uma máquina virtual em um único servidor físico não elimina o ponto único de falha representado por esse servidor. Maior resiliência exige componentes adicionais, como redundância, procedimentos de backup, recuperação, monitoramento e, quando economicamente justificável, mecanismos de failover. A virtualização deve ser entendida, assim, como habilitadora de determinadas arquiteturas de continuidade, e não como sinônimo de alta disponibilidade.

4.3 Barreiras à adoção da virtualização

A síntese permitiu organizar as barreiras em cinco categorias: investimento e custo de implantação, competências técnicas, segurança e governança, complexidade de implantação e gerenciamento, e compatibilidade e dependência tecnológica.

4.3.1 Investimento inicial e restrições financeiras

Embora a virtualização possa contribuir para a racionalização de custos em determinadas condições, sua implantação pode exigir investimento inicial em hardware compatível, armazenamento, rede, licenças, software de gerenciamento, migração e capacitação. Cassaro et al. (2024), em estudo com 731 micro, pequenas e médias empresas brasileiras, incluíram entre as barreiras à digitalização a insuficiência de recursos financeiros, os altos custos de investimento, a falta de pessoal qualificado e os requisitos de segurança, tendo também encontrado relação positiva entre transformação digital e inovação, o que indica que

essas barreiras podem interferir na capacidade de obtenção dos benefícios associados às tecnologias digitais.

Para a virtualização, isso implica que a redução de custos operacionais não deve ser analisada independentemente do investimento inicial: uma MPE pode obter ganhos de consolidação, mas, se possuir infraestrutura pequena, poucos servidores e baixa utilização de recursos, o investimento necessário pode não apresentar retorno econômico suficiente. A escala da infraestrutura constitui, portanto, uma variável relevante para a decisão de adoção.

4.3.2 Déficit de competências técnicas

A segunda barreira relaciona-se à disponibilidade de conhecimento especializado. A virtualização introduz tarefas de administração que podem aumentar a complexidade da infraestrutura, incluindo o gerenciamento de hipervisor, máquinas virtuais, armazenamento, redes virtuais, cópias de segurança, atualizações, monitoramento e controle de acesso, aspecto que assume maior importância em MPEs devido à possível concentração das funções de TI em poucos profissionais ou à terceirização dessas atividades. A existência de uma tecnologia disponível não garante que a empresa disponha das competências necessárias para administrá-la.

Esse resultado converge com Batista, Arouca e Lobato (2024), que identificaram a falta de treinamento como uma das barreiras à digitalização de MPEs, mostrando que a adoção tecnológica depende não apenas da disponibilidade de ferramentas, mas também do desenvolvimento das habilidades necessárias à sua utilização. A capacitação pode, assim, ser interpretada como fator transversal: interfere na própria capacidade de avaliar alternativas, selecionar tecnologias, estimar custos, configurar o ambiente e responder a incidentes, e não apenas em uma etapa posterior à implantação.

4.3.3 Segurança, isolamento e governança

A segurança constitui barreira particularmente relevante porque a virtualização altera a arquitetura de infraestrutura e acrescenta componentes cuja proteção precisa ser administrada. O hipervisor desempenha função central na administração dos recursos virtualizados e no isolamento entre ambientes, mas não deve ser tratado como mecanismo de segurança suficiente: a proteção depende também de configuração adequada, controle de acesso, atualização, monitoramento, segmentação, gestão de credenciais e backup.

Essa interpretação é consistente com Pedrini e Carvalho (2025), que analisam a aplicação da LGPD em sistemas utilizados por agentes de tratamento de pequeno porte e destacam que restrições financeiras, técnicas e organizacionais afetam a implementação de controles de proteção de dados, defendendo medidas proporcionais aos riscos e à capacidade operacional das organizações menores. Embora o estudo não trate especificamente de virtualização, sua contribuição é pertinente porque demonstra que, em organizações de menor porte, segurança e conformidade precisam ser compatibilizadas com capacidade operacional e recursos disponíveis. No caso da virtualização, isso significa que a tecnologia pode apoiar mecanismos de isolamento e recuperação, mas também cria uma camada adicional que precisa ser protegida, não sendo adequado concluir que ambientes virtualizados são, por definição, mais seguros que ambientes físicos.

4.3.4 Complexidade de implantação e gerenciamento

A virtualização pode simplificar determinados aspectos da infraestrutura, mas também introduz novas camadas de administração. A consolidação de servidores, por exemplo, pode reduzir a quantidade de equipamentos físicos administrados, mas o ambiente passa a depender de componentes como hipervisor, armazenamento compartilhado, redes virtuais, sistemas de gerenciamento e procedimentos específicos de backup e recuperação: o benefício administrativo depende, assim, da relação entre a redução da complexidade física e o aumento da complexidade lógica.

Para uma MPE, essa relação é particularmente relevante: quando a infraestrutura é pequena e as aplicações são pouco numerosas, uma solução virtualizada pode não representar ganho suficiente para justificar a complexidade adicional; em ambientes com múltiplos serviços, necessidade de isolamento, crescimento da demanda ou necessidade de maior flexibilidade, o equilíbrio pode ser diferente. Dias et al. (2023) identificaram dimensões tecnológicas, organizacionais, humanas e financeiras como componentes relevantes do desempenho de pequenas empresas, o que reforça que a virtualização não deve ser analisada como decisão exclusivamente técnica.

4.3.5 Compatibilidade, migração e dependência tecnológica

A compatibilidade com sistemas existentes constitui outra barreira potencial: empresas que utilizam aplicações legadas, sistemas operacionais específicos ou equipamentos especializados podem enfrentar dificuldades durante a migração para ambientes virtualizados.

Esse aspecto ajuda a explicar a relevância dos resultados de Giallorenzo et al. (2021), que demonstram comportamentos distintos entre diferentes tecnologias de virtualização conforme os recursos e o perfil das aplicações, sem que exista uma solução universalmente superior.

Para as MPEs, a seleção tecnológica precisa considerar não apenas o desempenho potencial, mas também a compatibilidade com os sistemas já utilizados, a disponibilidade de suporte e a possibilidade de manutenção futura, especialmente quando a empresa depende de fornecedores externos: a adoção de determinada plataforma pode criar dependência de tecnologias, contratos, profissionais especializados ou formatos específicos de infraestrutura, de modo que a decisão deve considerar não apenas o benefício imediato, mas também a sustentabilidade da arquitetura ao longo do tempo.

4.4 Síntese dos propulsores e barreiras no contexto das MPEs

A partir da análise temática, os fatores identificados podem ser sintetizados conforme o Quadro 3.

Quadro 3: Síntese dos propulsores e barreiras da virtualização no contexto das MPEs

Dimensão	Propulsores identificados	Barreiras/condicionantes	Implicação para MPEs
Econômica	Potencial de redução de custos operacionais; consolidação de recursos; redução de equipamentos em determinados cenários	Investimento inicial; licenciamento; migração; capacitação; custos de operação	A adoção deve ser precedida de análise econômico-financeira compatível com a escala da empresa
Operacional	Flexibilidade; centralização; facilidade de provisionamento e gerenciamento	Complexidade lógica; necessidade de monitoramento e administração especializada	O ganho operacional depende da capacidade da empresa de administrar o ambiente
Tecnológica	Consolidação; isolamento lógico; escalabilidade; utilização compartilhada dos recursos	Compatibilidade; aplicações legadas; dependência de infraestrutura física e software	A tecnologia deve ser selecionada segundo o perfil das aplicações e da infraestrutura existente
Segurança	Isolamento entre ambientes; possibilidade de apoiar backup e recuperação; arquiteturas de continuidade	Vulnerabilidades do hipervisor; configuração inadequada; controle de acesso; novas superfícies de ataque	A virtualização não substitui controles de cibersegurança e proteção de dados

Dimensão	Propulsores identificados	Barreiras/condicionantes	Implicação para MPEs
Competências	Possibilidade de profissionalização e centralização do gerenciamento de TI	Escassez de pessoal qualificado; necessidade de capacitação	Terceirização ou serviços gerenciados podem ser alternativas quando a competência interna for limitada
Continuidade	Migração de máquinas virtuais; redundância; failover em arquiteturas apropriadas	Ponto único de falha quando não há redundância; custos adicionais	Aumento de resiliência exige arquitetura específica, não apenas virtualização

O quadro evidencia que os mesmos elementos podem assumir funções distintas conforme o contexto: a consolidação, por exemplo, constitui propulsor quando reduz a fragmentação da infraestrutura, mas pode deixar de ser economicamente vantajosa quando a empresa possui poucas cargas de trabalho e baixa utilização dos recursos físicos. Essa característica indica que não foram identificados argumentos suficientes para sustentar a virtualização como solução universal para MPEs: o resultado mais consistente é a existência de benefícios potenciais condicionados ao contexto de implantação.

4.5 Virtualização, digitalização e especificidades das MPEs

O reposicionamento da análise para MPEs permite observar que a adoção da virtualização integra um processo mais amplo de digitalização organizacional. Costa et al. (2022), ao analisarem 346 MPEs brasileiras, identificaram concentração significativa em níveis iniciais de maturidade digital e apontaram a necessidade de desenvolver capacidades e condições organizacionais para a transformação digital, evidenciando a heterogeneidade dessa maturidade entre as empresas. Batista, Arouca e Lobato (2024) demonstraram, no mesmo contexto, que a disponibilidade de tecnologias não garante seu aproveitamento: o desenvolvimento de competências, o planejamento e fatores externos, como pressão concorrencial e políticas públicas, interferem na capacidade de transformar tecnologia disponível em resultados organizacionais.

Esses resultados impedem uma interpretação exclusivamente infraestrutural da virtualização: uma MPE pode tecnicamente virtualizar seus servidores e, ainda assim, não obter ganhos relevantes caso seus processos não estejam preparados, seus sistemas sejam incompatíveis ou não exista capacidade para administrar o ambiente. A dimensão energética também merece atenção: Neves et al. (2025), em revisão bibliométrica, identificaram crescimento da produção científica sobre eficiência energética em arquiteturas de software e

apontaram desafios de padronização das métricas utilizadas; embora não trate especificamente de virtualização, o estudo reforça que conclusões sobre eficiência energética dependem das métricas, da arquitetura e do contexto tecnológico considerado, o que converge com Giallorenzo et al. (2021) quanto à dependência dos resultados em relação ao perfil da aplicação. A virtualização pode, portanto, contribuir para uma utilização mais racional dos recursos físicos em determinados cenários, mas não deve ser apresentada como causa automática de eficiência energética.

4.6 Discussão integrada

Os resultados permitem uma interpretação integrada de que os benefícios da virtualização para MPEs emergem da interação entre necessidade tecnológica, escala da infraestrutura, capacidade financeira, competências disponíveis e criticidade dos serviços de TI. Quando a empresa possui múltiplas cargas de trabalho, necessidade de isolamento, crescimento previsível da demanda ou necessidade de maior flexibilidade, a consolidação e o provisionamento proporcionados pela virtualização podem constituir argumentos favoráveis à adoção, e quando a infraestrutura é pequena, pouco utilizada ou dependente de aplicações incompatíveis, os benefícios podem ser insuficientes para compensar os custos e a complexidade de implantação. Dias et al. (2023) identificam dimensões físicas, humanas, organizacionais, tecnológicas, financeiras e reputacionais como fatores relacionados ao desempenho de pequenas empresas, o que situa a virtualização como recurso tecnológico inserido em um sistema organizacional mais amplo, e não como intervenção isolada.

As barreiras, por sua vez, não são exclusivamente técnicas: a falta de capacitação, as limitações financeiras e a ausência de planejamento podem impedir que uma tecnologia adequada produza os resultados esperados, achado que converge com Batista, Arouca e Lobato (2024) quanto às lacunas de treinamento e planejamento entre as barreiras à digitalização de MPEs. No campo da segurança, a mesma lógica se aplica: Pedrini e Carvalho (2025) mostram que organizações de pequeno porte precisam adotar controles proporcionais às suas capacidades e riscos, o que, no caso da virtualização, significa que a escolha da arquitetura deve ser acompanhada de medidas de controle de acesso, atualização, backup, monitoramento e proteção de dados que a tecnologia pode apoiar, mas não substitui.

Os resultados permitem, assim, responder à questão de pesquisa: os principais propulsores identificados são a consolidação e a melhor utilização dos recursos, a flexibilidade de provisionamento, a possibilidade de racionalização econômica e o suporte a arquiteturas de

escalabilidade e continuidade; as principais barreiras são o investimento inicial, a disponibilidade de competências, os requisitos de segurança, a complexidade de administração e as limitações de compatibilidade e integração. Esses fatores, contudo, não possuem peso uniforme entre as empresas: sua importância depende do porte, do perfil das aplicações, da maturidade digital, da infraestrutura existente e dos objetivos estratégicos da organização. Para as MPEs, a principal contribuição da revisão não é demonstrar que a virtualização deve ser adotada indistintamente, mas indicar quais condições devem ser avaliadas para determinar se sua adoção é tecnicamente, economicamente e organizacionalmente justificável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada permitiu responder à questão de pesquisa ao identificar, na literatura, fatores que atuam como propulsores e barreiras à adoção e à utilização de tecnologias de virtualização em micro e pequenas empresas. Entre os propulsores, destacaram-se a consolidação e a melhor utilização dos recursos computacionais, a flexibilidade no provisionamento e gerenciamento da infraestrutura, o potencial de racionalização de custos e o suporte a arquiteturas voltadas à escalabilidade e à continuidade operacional. Entre as barreiras, sobressaíram o investimento inicial, a necessidade de competências técnicas, os requisitos de segurança, a complexidade de administração e as dificuldades relacionadas à compatibilidade, à migração e à dependência tecnológica. Esses fatores não apresentam o mesmo peso em todas as organizações: sua relevância depende das características da infraestrutura, das aplicações utilizadas, da capacidade financeira e das competências disponíveis em cada empresa.

O principal achado da revisão é que a virtualização não apresenta benefícios universais para as MPEs, mas pode produzir valor quando existe correspondência entre suas características tecnológicas e as necessidades da organização. A consolidação de recursos, por exemplo, pode ser vantajosa em ambientes com múltiplas cargas de trabalho e recursos físicos subutilizados, e apresentar pouca justificativa econômica em empresas com infraestrutura reduzida e baixa demanda; da mesma forma, migração de máquinas virtuais, redundância e failover podem contribuir para a continuidade dos serviços, mas dependem de arquitetura específica e não decorrem automaticamente da simples adoção da virtualização. A literatura analisada sustenta, portanto, uma compreensão condicional da tecnologia, cujos resultados se relacionam ao contexto de implantação, ao perfil das cargas de trabalho e à capacidade da empresa de administrar os recursos envolvidos.

A contribuição deste estudo está na organização dos achados da literatura a partir da perspectiva das MPEs, articulando evidências tecnológicas a fatores econômicos, operacionais, organizacionais, de competências e de segurança. Essa abordagem supera uma interpretação restrita da virtualização como mecanismo exclusivamente técnico de consolidação de servidores e evidencia que a decisão de adoção envolve diferentes dimensões organizacionais. A distinção entre evidências produzidas diretamente em MPEs, evidências provenientes de PMEs ou de organizações empresariais em geral e evidências estritamente tecnológicas contribui, adicionalmente, para uma interpretação mais cuidadosa dos resultados, evitando que conclusões obtidas em grandes infraestruturas ou em experimentos computacionais sejam apresentadas como evidências diretas sobre a realidade das pequenas empresas.

Do ponto de vista prático, os resultados indicam que a decisão pela virtualização deve ser precedida de avaliação da infraestrutura existente, das aplicações utilizadas, da demanda por recursos, dos custos de implantação e operação, das competências disponíveis e dos requisitos de segurança e continuidade. Para as MPEs, essa avaliação é especialmente relevante porque os recursos financeiros e humanos disponíveis costumam ser mais restritos, o que torna inadequada uma decisão baseada apenas na expectativa de redução de custos ou na adoção de uma tecnologia considerada mais moderna. A virtualização pode representar alternativa adequada quando contribui para resolver necessidades concretas do negócio e quando seus custos, riscos e requisitos de gerenciamento são compatíveis com a capacidade da organização; seu significado para as MPEs está menos na substituição de uma infraestrutura física por uma virtual e mais na possibilidade de estruturar os recursos de TI de forma compatível com as necessidades e condições específicas da empresa.

A principal limitação da pesquisa relaciona-se à própria composição da literatura disponível: parte dos estudos sobre virtualização foi desenvolvida em ambientes corporativos de maior escala, benchmarks computacionais ou estudos de caso específicos, enquanto os trabalhos direcionados às MPEs frequentemente abordam a transformação digital de maneira mais ampla, sem investigar diretamente a virtualização. Essa característica reduz a possibilidade de generalizar determinados resultados para empresas de menor porte e recomenda cautela na interpretação de evidências produzidas em contextos organizacionais distintos. Pesquisas futuras podem avançar por meio de estudos empíricos realizados especificamente com MPEs, examinando os critérios utilizados pelos gestores para avaliar a adoção da virtualização, os custos totais de propriedade, os diferentes modelos de implantação, a utilização de serviços gerenciados, os efeitos sobre a continuidade operacional e os requisitos

de segurança; estudos comparativos entre empresas de diferentes portes e setores também podem contribuir para identificar em quais condições os benefícios da virtualização superam seus custos e sua complexidade.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, Ítalo Bruno Gomes; AIRES, Renan Felinto de Farias; SALGADO, Camila Cristina Rodrigues. O potencial de gerar vantagem competitiva de ações do Programa Agentes Locais de Inovação (ALI): um estudo de caso em micro e pequenas empresas do Rio Grande do Norte. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 1, p. 5-20, 2023. DOI: <https://doi.org/10.6034/rmpe.v17i1.1507>.

ALVES, Raiane de Alencar; SILVA, Alandey Severo Leite da. A difusão das tecnologias da informação e comunicação entre os microempreendedores individuais da região do Crajubar. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 15, n. 3, p. 24-44, 2021. DOI: <https://doi.org/10.48099/1982-2537/2021v15n3p2444>.

BARHAM, Paul; DRAGOVIC, Boris; FRASER, Keir; HAND, Steven; HARRIS, Tim; HO, Alex; NEUGEBAUER, Rolf; PRATT, Ian; WARFIELD, Andrew. Xen and the art of virtualization. In: ACM SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS PRINCIPLES, 19., 2003, Bolton Landing. **Proceedings of ACM**. New York: ACM, 2003. p. 164-177. DOI: <https://doi.org/10.1145/945445.945462>.

BATISTA, Alessandra Giselle Silva; AROUCA, Marcia Waimer Spinola; LOBATO, Fábio Manoel França. Estratégias de digitalização comunicacional para micro e pequenas empresas como promotoras da inovação e competitividade. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 3, p. 60-79, 2024. DOI: <https://doi.org/10.6034/rmpe.v18i3.1982>.

BHARDWAJ, R. K.; SHARMA, Lakhwinder. Analytical model of a virtualized computing system using semi-markov approach. **Life Cycle Reliability and Safety Engineering**, v. 14, n. 1, p. 93-104, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41872-024-00285-3>.

CASSARO, Edna; ORO, Ieda Margarete; BEGNINI, Sérgio; GEORGES, Marcos Ricardo Rosa. The influence of digital transformation and implementation barriers on innovation in Brazilian micro, small, and medium enterprises. **Small Business International Review**, v. 8, n. 2, e660, 2024. DOI: <https://doi.org/10.26784/sbir.v8i2.660>.

COSTA, Lais Santiago da; MUNHOZ, Igor Polezi; PEREIRA, Luciana; AKKARI, Alessandra Cristina Santos. Assessing the digital maturity of micro and small enterprises: a focus on an emerging market. **Procedia Computer Science**, v. 200, p. 175-184, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.216>.

DIAS, Deise Taiana de Ávila; TARTAROTTI, Lucas; TONDOLO, Vilmar Antonio Gonçalves; DE TONI, Deonir. Revisão sistemática da literatura sobre desempenho organizacional em pequenas empresas e identificação de construtos emergentes. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 3, p. 32-50, 2023. DOI: <https://doi.org/10.48099/1982-2537/2023v17n3p3250>.

GIALLORENZO, Saverio; MAURO, Jacopo; POULSEN, Martin Gyde; SIROKY, Filip. Virtualization costs: benchmarking containers and virtual machines against bare-metal. **SN Computer Science**, v. 2, n. 5, art. 404, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00781-8>.

HERSEN, Amarildo; SANTOS, Clayton Lima dos. Uma investigação para redução de custo da energia elétrica: um estudo de caso para uma indústria madeireira de pequeno porte. **Revista**

da Micro e Pequena Empresa, v. 18, n. 2, p. 21-38, 2024. DOI: <https://doi.org/10.6034/rmpe.v18i2.1905>

LAMBROPOULOS, Georgios; MITROPOULOS, Sarandis; DOULIGERIS, Christos. Improving business performance by employing virtualization technology: a case study in the financial sector. **Computers**, v. 10, n. 4, art. 52, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/computers10040052>.

LIMA, Jeane Firmo; SILVA, Glessia. Desafios para inovar na micro e pequena empresa. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 13, n. 2, p. 85-97, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21714/19-82-25372019v13n2p8597>.

MELL, Peter; GRANCE, Timothy. **The NIST definition of cloud computing**. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2011. (NIST Special Publication, 800-145). DOI: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>.

NANDA, Susanta; CHIUEH, Tzi-cker. **A survey on virtualization technologies**. Stony Brook: Stony Brook University, 2005.

NEVES, Ana Clara Moledo; GONÇALVES, Daniel Alvarez; CASTRO, Tiago Ruiz de; GARRIDO, Marcio Alexandre Dias; BARBOZA, Douglas Vieira. Arquitetura de software para eficiência energética: uma revisão bibliométrica. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 19, n. 1, p. 21-40, 2025. DOI: <https://doi.org/10.6034/rmpe.v19i1.2163>.

OLIVEIRA, Ricardo Lair Franco; SILVA, Luciano Ferreira da; PENHA, Renato; BIZARRIAS, Flávio Santino. Gestão de projetos em pequenas e médias empresas. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 2, 2024. DOI: <https://doi.org/10.6034/rmpe.v18i2.1957>

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, London, v. 372, n. 71, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PEDRINI, Júlio César Ferreira; CARVALHO, Matheus Almeida de. Diretrizes para aplicação da LGPD em sistemas de software de pequeno porte. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 19, n. 1, p. 1-20, 2025. DOI: <https://doi.org/10.6034/rmpe.v19i1.2171>.

PLÁCIDO, Luna Divina Guadalupe; SANTOS, Lucas Maia dos; MURTA, Ludmila Nogueira. A tecnologia da informação é importante no controle financeiro da microempresa? Uma análise de múltiplos casos em Minas Gerais. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 9, n. 3, p. 51-64, 2015. DOI: <https://doi.org/10.6034/780>

PRATES, Glaucia Aparecida; OSPINA, Marco Túlio. Tecnologia da informação em pequenas empresas: fatores de êxito, restrições e benefícios. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 8, n. 2, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-65552004000200002>.

SEPÚLVEDA RODRÍGUEZ, Luis Eduardo; CHAVARRO-PORRAS, Julio C.; SANABRIA-ORDÓÑEZ, John A.; CASTRO, Harold E.; MATTHEWS, Jeanna. A survey of virtualization technologies: towards a new taxonomic proposal. **Ingeniería e Investigación**, v. 42, n. 3, e97363, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.97363>.

SILVA, Patrícia Leite da; CASSOL, Alessandra; BONA, Claudia Regina Franceschetto de; MARIETTO, Márcio Luiz. A transformação digital no varejo dos pequenos negócios: o papel das mídias sociais, dos influenciadores e do boca-a-boca eletrônico (eWOM) nas decisões de compra das mulheres. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 1, p. 5-21, 2024. DOI: <https://doi.org/10.6034/rmpe.v18i1.2104>.

WHITTEMORE, Robin; KNAFL, Kathleen. The integrative review: updated methodology. **Journal of Advanced Nursing**, Oxford, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>.

ZAMANI, Seyedeh Zahra. Small and medium enterprises (SMEs) facing an evolving technological era: a systematic literature review on the adoption of technologies in SMEs. **European Journal of Innovation Management**, v. 25, n. 6, p. 735-757, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1108/EJIM-07-2021-0360>.