



ARTIGO

REDES 5G PRIVADAS NA INDÚSTRIA 4.0

POR

Paulo Ditarso Maciel Jr. e Ruan Delgado Gomes
paulo.maciel@ifpb.edu.br, ruan.gomes@ifpb.edu.br

A Indústria 4.0 representa a Quarta Revolução Industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais nos processos de manufatura. Componentes-chave, como a Internet das Coisas Industrial (IIoT, do inglês *Industrial Internet of Things*) e a automação baseada em Inteligência Artificial (IA), dependem fortemente da comunicação de dados e da conectividade em tempo real [5]. Nesse contexto, a convergência de tecnologias digitais e processos industriais revolucionou a forma como as empresas operam e um dos principais facilitadores dessa transformação é a implantação de redes 5G privadas [6]. Tais redes emergiram

como um divisor de águas nesse cenário, oferecendo várias vantagens em relação às soluções de rede tradicionais. As redes 5G privadas oferecem conectividade de alta velocidade e baixa latência, segurança aprimorada e capacidade de lidar com grandes volumes de dados, tornando-as uma infraestrutura crítica para a implementação de iniciativas da Indústria 4.0. Este artigo explora o conceito de redes 5G privadas no contexto da Indústria 4.0 e discute suas possíveis aplicações, benefícios, desafios e perspectivas futuras.

A quinta geração da tecnologia de comunicação sem fio fornece conectividade confiável, segura e de alto desempenho. Esse tipo de comunicação opera

em bandas de espectro licenciadas e não licenciadas, oferecendo maior controle, melhor cobertura e maior capacidade em comparação com outras tecnologias, como o Wi-Fi. Essas redes também suportam a utilização de *network slicing* [4], que permite a alocação de recursos de rede dedicados para diferentes aplicativos ou grupos de usuários, buscando garantir desempenho adequado e qualidade de serviço.

As redes 5G privadas, também conhecidas como Redes 5G *standalone* empresariais ou industriais, são redes celulares implantadas por organizações individuais para seu uso exclusivo. Ao contrário das redes celulares públicas, que são operadas por operadoras de rede móvel e atendem a vários clientes, as redes 5G privadas são projetadas para atender às necessidades específicas de uma única entidade. Ou seja, são adaptadas às necessidades específicas de empresas individuais, oferecendo cobertura e capacidade otimizadas. Para tanto, redes locais dedicadas são projetadas para fornecer comunicação sem fio robusta, segura e de alto desempenho em áreas específicas como fábricas, centros de logística, armazéns ou instalações de produção.

Na Indústria 4.0, as redes 5G privadas fornecem ao menos quatro benefícios importantes [3]. Em primeiro lugar, oferecem conectividade e confiabilidade aprimoradas, permitindo comunicação facilitada entre dispositivos e troca de dados em tempo real. Isso possibilita uma tomada de decisão rápida. Em segundo lugar, aumentam a eficiência operacional otimizando processos, monitorando

operações em tempo real e permitindo a resolução proativa de problemas. Isso leva ao aumento da eficiência e à redução do tempo de inatividade. Em terceiro lugar, permitem maior produtividade e automação, integrando automação e robótica orientadas por IA, simplificando os fluxos de trabalho de produção. Por fim, tais redes aumentam a segurança ao fornecer melhores medidas de controle e segurança de dados, reduzindo o risco de ataques cibernéticos e acesso não autorizado. Além disso, recursos de segurança podem ser integrados à rede para proteger trabalhadores e ativos.

As aplicações de redes 5G privadas na Indústria 4.0 incluem, dentre outras [1]:

Manufatura Inteligente | Uma das aplicações mais promissoras das redes 5G privadas está no domínio da manufatura inteligente, que permite a implantação de sistemas de IIoT, em que máquinas, robôs e sensores são interconectados para coletar e analisar dados em tempo real. A confiabilidade e a baixa latência provida pelas redes 5G privadas permitem a implementação de aplicações de controle em tempo real, além de aplicações de manutenção preditiva e otimização de processos. Nesse contexto, as indústrias podem alcançar níveis mais altos de automação, flexibilidade e produtividade, levando a uma redução de custos e à obtenção de vantagens competitivas.

Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos | As redes 5G privadas também podem revolucionar setores como a logística e o gerenciamento da

cadeia de suprimentos. Ao aproveitar a conectividade provida pelas redes 5G privadas, as empresas podem rastrear ativos, veículos e remessas em tempo real, melhorando a eficiência, reduzindo atrasos e aprimorando a visibilidade geral em todas as etapas da produção e distribuição. Além disso, tal infraestrutura permite a implantação de veículos autônomos, drones e robôs para a realização de várias tarefas, como operações de depósito, gerenciamento de estoque e entrega de última milha. Essas tecnologias podem simplificar significativamente as operações, minimizar erros humanos e impulsionar a inovação no setor de logística.

Cidades inteligentes e infraestrutura

As redes 5G privadas desempenham um papel crucial na construção de cidades inteligentes e no aprimoramento de infraestruturas críticas. Essas redes podem suportar uma grande diversidade de aplicações, incluindo sistemas de transporte inteligentes, segurança pública e vigilância, redes inteligentes e monitoramento ambiental. Ao permitir uma ampla conectividade para a troca de dados em tempo real, as redes 5G privadas podem habilitar aplicações para o gerenciamento eficiente de recursos, aprimoramento de serviços públicos e melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Apesar das inúmeras vantagens, a implantação de redes 5G privadas na Indústria 4.0 traz alguns desafios de implementação [2]. A configuração necessária pode ser custosa, exigindo investimentos substanciais em infraestrutura e equi-

pamentos. As empresas devem avaliar cuidadosamente seus requisitos específicos e potenciais retornos sobre o investimento. Além disso, adquirir o espectro necessário para redes 5G privadas pode ser complexo, especialmente em regiões com disponibilidade limitada. Governos e órgãos reguladores desempenham um papel crucial ao permitir a alocação de espectro para essas redes privadas. Finalmente, a integração com sistemas legados também é uma questão a ser considerada. Muitas indústrias já estabeleceram sistemas de comunicação e equipamentos legados. A integração desses sistemas com redes 5G privadas exige um planejamento cuidadoso e considerações de compatibilidade. Para enfrentar esses desafios, os esforços de colaboração entre indústrias, governos e fornecedores de tecnologia são essenciais.

Apesar dos desafios, as perspectivas futuras das redes 5G privadas na Indústria 4.0 são altamente promissoras. Ao passo que a tecnologia avança e mais empresas reconhecem o potencial transformador dessas redes, situações favoráveis podem surgir como:

- a) Maior adoção à medida que os custos diminuem e a tecnologia amadurece, de modo que organizações em vários setores buscarão impulsionar a eficiência, a produtividade e a inovação;
- b) Casos de uso específicos desenvolvidos por indústrias para o uso especializado das redes 5G privadas, adaptando a tecnologia aos seus requisitos e desafios exclusivos;

c) Provável integração com tecnologias emergentes como IA, MEC e *blockchain*, aprimorando ainda mais suas capacidades e possibilitando novas aplicações;

d) Proliferação de cidades inteligentes que se beneficiarão das redes 5G privadas, transformando a infraestrutura e os serviços urbanos.

Conclui-se, portanto, que as redes 5G privadas apresentam grande potencial para impulsionar a Indústria 4.0. A capacidade de fornecer conectividade confiá-

vel, segura e de baixa latência permite que as empresas otimizem suas operações, aumentem a produtividade e habilitem novas aplicações inovadoras. Embora existam desafios, os benefícios são evidentes, tornando as redes 5G privadas um componente vital do cenário industrial moderno. Com mais avanços e políticas de apoio, a integração com a Indústria 4.0 continuará a prosperar, transformando indústrias e moldando o futuro da manufatura inteligente.

Referências

1. DOLGUI, A., IVANOV, D., 5G in digital supply chain and operations management: fostering flexibility, end-to-end connectivity and real-time visibility through internet-of-everything, *International Journal of Production Research*, v. 60, no. 2, pp. 442-451, 2022, Taylor & Francis, <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.2002969>.
2. O'CONNELL, E., MOORE, D., NEWE, T., Challenges Associated with Implementing 5G in Manufacturing. *Telecom* 1, no. 1, pp. 48-67, 2020. <https://doi.org/10.3390/telecom1010005>.
3. ORDONEZ-LUCENA J., CHAVARRIA J. F., CONTRERAS L. M., PASTOR A., The use of 5G Non-Public Networks to support Industry 4.0 scenarios, 2019 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN), Granada, Spain, 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/CSCN.2019.8931325.
4. POE W. Y., ORDONEZ-LUCENA J., MAHMOOD K., Provisioning Private 5G Networks by Means of Network Slicing: Architectures and Challenges, 2020 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops), Dublin, Ireland, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCWorkshops49005.2020.9145055.
5. RADANLIEV, P., DE ROURE, D., NICOLESCU, R. et al. Artificial Intelligence and the Internet of Things in Industry 4.0. *CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction*, 3, pp. 329-338 (2021).
6. WEN M., et al. Private 5G Networks: Concepts, Architectures, and Research Landscape, in *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, v. 16, no. 1, pp. 7-25, Jan. 2022, doi: 10.1109/JSTSP.2021.3137669.



PAULO DITARSO MACIEL JÚNIOR é Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), com mestrado em Engenharia de Sistema e Computação pela COPPE/UFRJ (2005) e doutorado em Ciência da Computação pela UFCG (2013). Atua no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação (PPGTI/IFPB) e suas áreas de pesquisa incluem computação na borda/nuvem, redes definidas por software e redes 5G, com ênfase em análise de desempenho, alocação de recursos e segurança.



RUAN D. GOMES é cientista da computação formado pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com mestrado em Ciência da Computação e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). É professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) desde 2012 e atua como professor permanente nos programas de pós-graduação em Tecnologia da Informação e em Engenharia Elétrica do IFPB. Possui grande experiência em projetos de PD&I, já tendo atuado como coordenador ou pesquisador em diversos projetos financiados por empresas e órgãos de fomento. Atualmente é bolsista de produtividade em desenvolvimento tecnológico do CNPq. Suas principais áreas de pesquisa incluem redes sem fio, sistemas embarcados e IoT.