

## SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: OS DESAFIOS DA INFRAESTRUTURA 5G NO BRASIL

### INFORMATION SECURITY AND SUSTAINABILITY: THE CHALLENGES OF 5G INFRASTRUCTURE IN BRAZIL

Alan Lopes Torrecilha

Faculdade de Tecnologia de Americana – Ministro Ralph Biasi

[alan.torrecilha@fatec.sp.gov.br](mailto:alan.torrecilha@fatec.sp.gov.br)

Bruno Henrique Paulela

Faculdade de Tecnologia de Americana – Ministro Ralph Biasi

[bruno.paulela@fatec.sp.gov.br](mailto:bruno.paulela@fatec.sp.gov.br)

João Pedro Mancini Cia

Faculdade de Tecnologia de Americana – Ministro Ralph Biasi

[joao.cia@fatec.sp.gov.br](mailto:joao.cia@fatec.sp.gov.br)

João Emmanuel D'Alkmin Neves

Faculdade de Tecnologia de Americana – Ministro Ralph Biasi

[joao.neves11@fatec.sp.gov.br](mailto:joao.neves11@fatec.sp.gov.br)

#### Resumo

Este artigo investiga a progressão e as capacidades do 5G, ressaltando os benefícios advindos do avanço da tecnologia da informação. Contudo, é crucial realizar uma avaliação aprofundada dos possíveis impactos ambientais e de segurança cibernética decorrentes da implementação do 5G, bem como desenvolver métodos e estratégias eficazes para mitigar os potenciais desafios associados a essa ferramenta de comunicação que marca a próxima geração. O objetivo deste trabalho é evidenciar que a tecnologia, junto a adoção de bons métodos, possa ser segura e sustentável. A metodologia utilizada foi uma pesquisa bibliográfica de fontes fidedignas em busca de resultados que pudessem explicar quais métodos adotar para melhorar a Segurança da Informação e quais ações tomar para garantir o avanço tecnológico de forma sustentável. Dessa forma as descobertas obtidas neste estudo visam contribuir para o equilíbrio efetivo entre o progresso tecnológico, a Segurança da Informação e a responsabilidade ambiental para que haja uma expansão dessa tecnologia de forma mais consciente e segura.

**Palavras-chave:** 5G; Antenas; Metais; CO<sub>2</sub>; Vulnerabilidades; Segurança da Informação.

### *Abstract*

This article investigates the progression and capabilities of 5G, highlighting the benefits arising from advancements in information technology. However, it is crucial to conduct an in-depth evaluation of the possible environmental and cybersecurity impacts stemming from the implementation of 5G, as well as to develop effective methods and strategies to mitigate the potential challenges associated with this communication tool that marks the next generation. The objective of this work is to demonstrate that technology, together with the adoption of good methods, can be safe and sustainable. The methodology used was a bibliographic research of reliable sources in search of results that could explain which methods to adopt to improve Information Security and which actions to take to ensure technological advancement in a sustainable way. Thus, the findings obtained in this study aim to contribute to an effective balance between technological progress, Information Security, and environmental responsibility, so that there may be an expansion of this technology in a more conscious and safe way.

**Keywords:** 5G; Antennas; Steel; CO<sub>2</sub>; Vulnerability; Information Security.

## **1. Introdução**

Com a evolução da tecnologia de transmissão de dados para o 5G, que já está sendo implementada em diversas regiões do Brasil, será possível oferecer Internet de alto desempenho e suportar um número significativamente maior de dispositivos conectados simultaneamente. Esses dispositivos estão sendo atualizados para se adequarem à Internet das Coisas, conhecido por seu nome e sigla em inglês, *Internet of Things* (IoT), incluindo automóveis, câmeras, dispositivos de segurança, instrumentos hospitalares e muitas outras tecnologias que podem ser aprimoradas.

No mundo dinâmico da informação, onde o conhecimento impulsiona o progresso, a tecnologia 5G surge como um farol de possibilidades. De acordo com Neves (2018), a humanidade está imersa na Era da Informação, onde descobertas abrem caminho para novos processos e tecnologias. Nesse cenário, a Segurança da Informação se torna um pilar fundamental, garantindo a proteção de dados valiosos e a confiabilidade das transações digitais. Este avanço é benéfico, na medida em que a ampliação da velocidade e capacidade de transmissão de dados possibilita a expansão do acesso à Internet para regiões até então eram desprovidas. Essa promessa de velocidade e capacidade, juntamente com a redução da latência, propõem melhorias significativas na transmissão e recepção de informações, que são fundamentais para o desenvolvimento de uma infraestrutura digital global mais robusta.

A tecnologia 5G, sendo relativamente nova, foi desenvolvida em uma era onde a Segurança da Informação é crucial. Segundo Neves *et al.* (2023), Pedro *et al.* (2024) e Souza *et al.* (2024), o 5G, assim como a Inteligência Artificial, a Agricultura de Precisão e o *Blockchain*, já incorpora mecanismos de Segurança da Informação desde a sua concepção. Destaca-se que o 5G promete aprimorar a cibersegurança com padrões de segurança avançados e uma criptografia mais robusta, oferecendo uma camada adicional de proteção para as comunicações digitais.

Acompanhando esse avanço tecnológico, surge a preocupação com a expansão da superfície de ataque, visto que mais dispositivos conectados e uma rede mais densa criam mais pontos de entrada potenciais para cibercriminosos (Vicentine *et al.*, 2022). Ressalta-se também que crescimento de dispositivos IoT conectados ao 5G introduz riscos adicionais de segurança, especialmente se esses dispositivos não forem adequadamente protegidos. Dessa forma é essencial que ao implementar o 5G e suas tecnologias associadas, sejam adotadas medidas para mitigar os potenciais riscos à Segurança da Informação, assim garantindo que os benefícios dessa nova tecnologia sejam desfrutados e seguramente gerenciados.

Além disso, devido à operação do 5G por meio de estações e antenas que possibilitam a comunicação com dispositivos sem fio em frequências mais elevadas, a transição do 4G para o 5G requer a instalação de novas torres. Isso ocorre porque, ao utilizar ondas milimétricas, a distância entre as antenas precisa ser reduzida em comparação com a tecnologia anterior. Essa necessidade de construir novas torres resulta em um aumento no consumo de materiais, como alumínio e aço inoxidável, que geram significativas emissões de CO<sub>2</sub> durante sua extração, além de demandar uma maior quantidade de energia elétrica para a produção desses materiais. De acordo com Neves (2021), esses processos podem acarretar impactos ambientais, como a poluição e o desperdício de energia na fabricação dos materiais.

Com base nessa explanação, este artigo aborda a seguinte questão: como impedir o aumento das emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes da instalação de novas torres para redes 5G, ao mesmo tempo em que se assegura a segurança cibernética para evitar a utilização indevida da tecnologia na Internet?

Com base nesse questionamento, este artigo tem como hipótese que a redução das emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da produção e instalação de novas torres para redes 5G pode ser alcançada por meio da adoção de práticas sustentáveis nos processos de fabricação e instalação, resultando na diminuição da extração de materiais e, conseqüentemente, das emissões de CO<sub>2</sub>. Quanto à Segurança da Informação, a hipótese defendida é que o reforço da cibersegurança

através da implementação de métodos atualizados e da adoção de planos de remediação claros pode efetivamente proteger os sistemas de rede contra *softwares* maliciosos e potenciais riscos.

Sendo assim, o objetivo geral desse trabalho é identificar e promover a compreensão dos impactos da tecnologia 5G na Segurança da Informação e no meio ambiente. Para atingir tal objetivo, os autores adotaram os seguintes objetivos específicos:

- Explicar a emissão de CO<sub>2</sub> decorrente da formação dos materiais para construção das antenas.
- Avaliar o potencial impacto dessas emissões na atmosfera bem como na saúde das pessoas.
- Explicar o possível aumento dos riscos de segurança bem como seus impactos nas funcionalidades dos sistemas tecnológicos.
- Explorar métodos para a implementação do 5G seja realizado de maneira que aumente a Segurança da Informação e não prejudique o meio ambiente.

A justificativa deste estudo consiste em que a tecnologia está cada vez mais revolucionária, e a cada dia surgem novas ferramentas para serem exploradas, portanto é essencial avaliar os riscos que essas invenções podem causar tanto para o meio ambiente quanto para a segurança dos dados. Compreendendo as possíveis ameaças, o estudo pretende incentivar a adoção e desenvolvimento de métodos mais comprometidos com a segurança dos dados e o meio ambiente, garantindo assim a preservação das informações e evitando desgastes naturais.

## 2. Referencial Teórico

Seguindo a Introdução, pode-se observar que uma fundamentação teórica permitirá melhor compreensão dos fenômenos relacionados as emissões de CO<sub>2</sub> durante a fabricação dos materiais para a construção das antenas, assim como o possível impacto da emissão deste gás na atmosfera e na saúde humana. Além disso é importante a explicação sobre o aumento dos riscos de Segurança da Informação na qual afetará nas funcionalidades dos sistemas tecnológicos.

Tais aspectos necessitam de análise aprofundada nos fundamentos teóricos já existentes relacionados ao meio ambiente, à saúde pública e segurança cibernética no quesito da utilização da tecnologia 5G. Esses aspectos serão abordados nas próximas seções deste artigo.

## 2.1. Tecnologia 5G

O 5G, ou quinta geração de tecnologia de comunicação móvel, é a tecnologia sucessora ao 4G. Ela possui um grande avanço em relação às suas versões anteriores, proporcionando altas taxas de transmissão de dados e baixa latência, mudando de forma significativa como os dispositivos se conectam. Segundo a Amazon (2023), com a chegada do 5G, os casos de uso da tecnologia cresceram exponencialmente, permitindo que a IoT fizesse ainda mais parte da vida das pessoas.

De acordo com a Anatel (2023), o avanço proporcionado pelo 5G ajudará no desenvolvimento da área da saúde, transporte, na implantação da realidade virtual, na economia, na educação, dentre muitas outras áreas de serviços digitais.

Esses avanços tornarão os dispositivos ainda mais independentes, pelo fato de não haver necessidade de estarem conectados a um cabo para o uso.

Para que uma rede seja considerada 5G é preciso se adequar dentro de algumas características, como velocidade maior a 10Gbps, mais de 1 milhão de conexões e latência inferior a 1 ms.

Com toda a melhoria que a tecnologia trouxe, ela permite ser ainda mais acessível possibilitando a conexão de mais pessoas à Internet. Segundo DataReportal (2023), cerca de 5,44 bilhões de pessoas utilizavam aparelhos celulares no início de 2023, na qual equivale a cerca de 68% da população mundial. Se comparado ao ano anterior, houve um aumento de 3%, equivalente a 168 milhões de novos usuários *online*.

Porém para comportar todos estes usuários o número de antenas aumenta, e muito, em relação à tecnologia anterior. Segundo a entrevista com Ferrari (2022), com a chegada do 5G, será necessário a instalação por parte das empresas de telecomunicações da nova estrutura, na qual a tecnologia exigirá uma quantidade 5 a 10 vezes mais antenas que o 4G.

Esse aumento na quantidade das antenas ocorre por conta do alcance que essas novas torres terão. Drullis (2023) explica que para o funcionamento da rede 5G, o sinal pode chegar de 1,6 a 5 quilômetros, consideravelmente menor quando comparada com o alcance do 4G que pode alcançar de 3 a 6,5 quilômetros.

## 2.2. O 5G e a questão ambiental

A quinta geração de transmissão de dados moveis veio de fato para ser melhor do que as gerações anteriores, com muito mais poder de processamento, conectividade e velocidade até 100 vezes mais rápida, porém seu alcance é menor, por trabalhar com ondas milimétricas,

ela fornece toda essa capacidade, mas por uma curta distância de cobertura se comparada com a tecnologia 4G anterior. Com isso a construção de novas torres e antenas, será um requisito obrigatório para a implementação do 5G.

Os materiais para construção dessas novas torres se baseiam em aço e alumínio, que no seu processo de fabricação, emitem gases poluentes na atmosfera. Levando em consideração que a fabricação de novas torres e antenas levaria ao aumento da extração desses materiais, também a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Entende-se que na saída do alto forno, para fabricação do aço, uma parte do carbono é incorporado no material, já outra parte é solta em forma de CO<sub>2</sub>. De acordo com Baum (2021) uma usina integrada de aço pode emitir cerca de 2,1 toneladas de CO<sub>2</sub> na produção de aço primário, resultado de uma tonelada de aço bruto produzido.

Agora olhando para o alumínio, para se obter o alumínio primário, um estudo da Associação Brasileira do Alumínio (2017), mostra que a maior concentração de emissão de gases do efeito estufa, está na produção de alumínio primário, com 3,512 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de alumínio produzido, seguindo da refinaria que produz 0,601 toneladas a cada uma tonelada de alumínio produzida.

Ouve-se muito sobre os problemas que esses gases causam no meio ambiente, como o aquecimento global, que resulta no derretimento das Calotas Polares, mas não se baseiam apenas nisso. De acordo com Hall-Spencer e Harvey (2019) cerca de 25% do CO<sub>2</sub> emitido é absorvido pelo oceano e reage com a água formando um ácido, na qual ameaça os habitats calcificados, como os recifes de coral, em águas profundas de todo o mar, através da dissolução e da bioerosão intensificada.

Além dos males causados ao meio ambiente, os seres humanos também sofrem, segundo Chukwu *et al.* (2021), o resultado do aumento da temperatura, bem como também a poluição, aumentará anualmente o número de mortes adicionais para milhares e ainda mais casos de doenças respiratórias, como a asma, nos EUA.

Observa-se na Tabela 1 para melhor compreensão dos problemas causados pela emissão de CO<sub>2</sub>:

Tabela 1 - Impactos Ambientais Causados Pela Emissão de CO<sub>2</sub>

Impacto Ambiental	Como se dá o Impacto	Contribuição do CO <sub>2</sub> para o Impacto	Problemas Resultantes
Aquecimento Global	Emissões de gases, como o CO <sub>2</sub> , que ocasionam o efeito estufa.	Cerca de 60% do efeito estufa é causado pelo CO <sub>2</sub> .	Aumento anual da temperatura global ocasionando o derretimento das calotas polares.
Acidificação dos Oceanos	Reação das moléculas da água com o CO <sub>2</sub> emitido, assim acidificando o Oceano.	Cerca de 25% do CO <sub>2</sub> é absorvido pela água.	Dissolução dos habitats dos seres marinhos, como os recifes de coral, em águas profundas.
Poluição do Ar	Grande concentração de CO <sub>2</sub> no ar das cidades.	Em 2022, o CO <sub>2</sub> estava cerca de 50% acima se comparada com a época pré-industrial.	Aumento de doenças crônicas respiratórias, como asma e bronquite.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024) com base em NOAA (2024), Emmanuel *et al.* (2021), Hall-Spencer e Harvey (2019), WMO (2023) e Cetesb (2024)

Sabendo que esses problemas são só algumas causas dentre muitas outras que os seres vivos e o meio ambiente vêm sofrendo, entende-se que não é somente construir uma nova tecnologia que visa apenas as melhorias tecnológicas ou até mesmo o lucro que vai acarretar o mercado, é necessário que haja a medição dos impactos no meio ambiente, principalmente pelo fato de que ele é necessário para a sobrevivência.

### 2.3 O 5G e os aspectos de Segurança da Informação

Com a expansão de capacidade de rede que o 5G implementou, além de permitir que muitos dispositivos se conectem simultaneamente e ocorra o aumento do desenvolvimento de novas tecnologias IoT sofisticadas também permite a criação de brechas (Moraes *et al.*, 2022).

De acordo com Moura e D' Alkmin Neves (2021), a IoT é um termo utilizado para objetos do nosso cotidiano que possuem adições de sensores e permitem se conectar à rede mundial, capaz de juntar e transmitir dados, promovendo a integração e permitindo a análise de diversos dispositivos conectados à Internet. Através destas implementações são realizados coletas e compartilhamento de dados transformando nossa forma de interagir com o mundo.

Madakam, Ramaswamy e Tripathi (2015), ressalta que o primeiro exemplo de dispositivo conectado à rede foi no início dos anos 80, quando desenvolvedores, que trabalhavam em andares acima de onde ficava uma máquina de bebidas, desenvolveram um código para poder verificar se possuía bebidas na máquina antes de precisarem descer. Porém,

foi apenas em 1999 que o termo se tornou popular, graças a Kevin Ashton nos laboratórios do MIT. De lá para cá os dispositivos foram se tornando cada vez mais conectados e autônomos e hoje há *smartphones*, geladeiras, máquinas de lavar, dispositivos de assistente virtual, carros, todos conectados e compartilhando dados que podem ser visualizados em um único lugar.

Segundo a ABINC (2023), a rede 5G é uma das principais habilitadoras para o avanço e o aprimoramento dos dispositivos IoT, que, por conta de sua estrutura, visa diminuir a latência de transferência de dados, aumentar a quantidade de dados compartilhados e aumentar a confiabilidade da conexão, permitindo que soluções inovadoras de diversos setores se tornem inteligentes e eficientes

De acordo com Silva (2022) os avanços e novas áreas de atuação em que o 5G atuará, criam vulnerabilidades que requerem atenção dos profissionais de Segurança da Informação.

Tais vulnerabilidades são explicadas por Fonyi (2020), na qual destaca algumas como a falha de autenticação, proteção insuficiente do Sistema de nomes de domínio (DNS) e a facilidade de interceptar e adulterar a transmissão dos dados, pois no 5G a segurança da transferência depende do aplicativo na qual o dispositivo está associado, tornando difícil a remediação.

Essas vulnerabilidades e muitas outras, colocam em risco os princípios da segurança e permitem a ocorrência de mais ataques a rede. A Tabela 2 demonstra os impactos mediante cada princípio da Segurança da Informação.

Tabela 2 - Vulnerabilidades do 5G e os impactos nos princípios de Segurança da Informação

Princípios de Segurança	Vulnerabilidades	Impactos
Confidencialidade	<ul style="list-style-type: none"><li>● Falha de Autenticação.</li><li>● Interceptação das transmissões de dados.</li><li>● DNS inseguro.</li><li>● Falha no serviço de autenticação e acordo de chaves criptográficas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● <i>Spoofing</i> de dados.</li><li>● Localização de dispositivos na rede.</li><li>● Aumento da possibilidade do ataque <i>Man-in-the-Middle</i>.</li></ul>
Integridade	<ul style="list-style-type: none"><li>● <i>Downgrade</i> silencioso.</li><li>● Interceptação da transmissão e a fácil alteração da mensagem.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● <i>Spoofing</i> de dados.</li><li>● Localização de dispositivos na rede.</li><li>● Aumento da possibilidade do ataque <i>Man-in-the-Middle</i>.</li></ul>
Disponibilidade	<ul style="list-style-type: none"><li>● Aumento das chances de ataques DDOS por dispositivos IoT e <i>botnets</i>.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Perda do desempenho da rede.</li><li>● Perda de serviços.</li></ul>

Fonte: Elaborado pelos autores (2024) com base em Fonyi (2020)

Para entender a quantidade de ataques que podem vir a explorar vulnerabilidades como essas, a Symantec (2019) explica que o Brasil foi o terceiro país do mundo mais atingido por ataques cibernéticos em 2018, ficando apenas atrás da China e dos EUA.

Como a quantidade de usuários da rede aumenta ainda mais nessa tecnologia, a quantidade de dados compartilhados e armazenados também aumenta, dessa forma se torna mais propício ocorrer o vazamento de dados. Um estudo realizado pelo Tecmundo (2020), mostra que o risco de uma empresa no Brasil sofrer ataque é de 43%, fazendo com que o país seja o mais propenso a violações do mundo.

Já o crescimento de dispositivos conectados à rede 5G, que com o passar dos anos vem se tornando cada vez mais populares e acessíveis, também garantirá o aumento dos dados. Pelas comodidades que a IoT fornece na rotina diária, como apagar uma luz ou ligar uma televisão, estes dispositivos passam a coletar dados e transmiti-los na rede sem a devida proteção (Santos *et al.*, 2020 e Moraes *et al.*, 2022). O ponto da escassez de recursos computacionais nos dispositivos IoT gera uma enorme dificuldade para a Segurança da Informação ser aplicada, pois além da funcionalidade, adicionar recursos de segurança passa a ser segundo plano no desenvolvimento desses equipamentos.

Segundo Moura e D' Alkmin Neves (2021), tais dados coletados poderão se referir a padrões comportamentais dos usuários, como horários ou até mesmo quais tipos de atividades o usuário realiza em sua rotina, informações essas consideradas pessoais e sigilosas mediante a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), na qual o proprietário tem direito a total confidencialidade. Martinho (2024) observa que além da ameaça de ataques, a espionagem do tráfego de dados, por meio de dispositivos 5G, vem se tornando cada vez mais real, colocando em risco a privacidade dos dados.

Ademais, é importante destacar que o 5G também trouxe algumas melhorias na segurança da rede, quando comparado com o 4G. Tacca, Boas e Aquino (2022) destaca que o protocolo *Diameter*, utilizado na rede 4G possui falhas na segurança dos dados, principalmente no quesito da criptografia obrigatória, pois a encriptação não é feita de fim-a-fim, mas de ponto-a-ponto, dessa forma viabilizando a interceptação pela introdução de uma fonte de requisição fraudulenta.

Já no 5G, Tacca, Boas e Aquino (2022) ainda explicam que o modelo *Proxy* de proteção de borda de segurança (SEPP) utilizado, faz com que os atacantes não consigam explorar a topologia da rede e obtenham informações importantes sobre as funcionalidades, através de funções implementadas como a filtragem dos pacotes, a ocultação da topologia, autenticação

das duas extremidades de conexão, bem como a criptografia como um todo, e o gerenciamento das chaves.

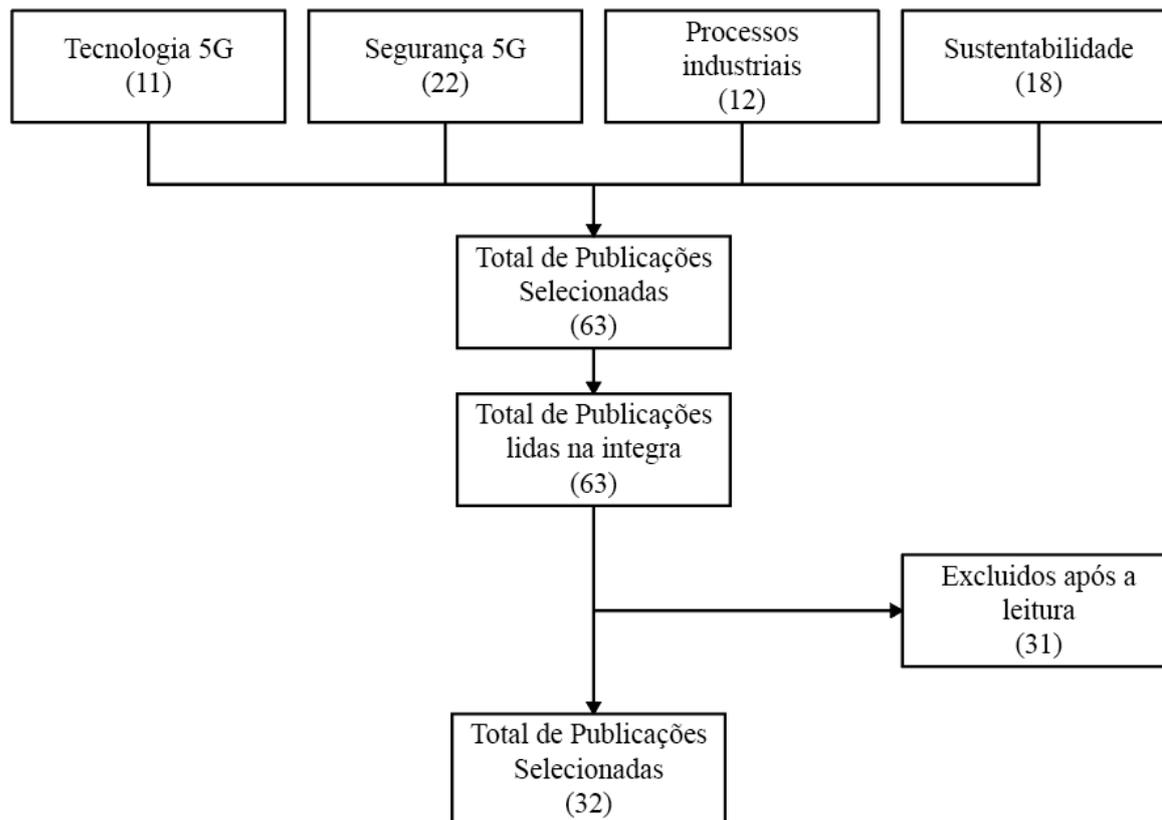
Por fim, observa-se que é indispensável a melhoria contínua da segurança na rede, para que a implementação do 5G seja de forma eficiente e segura. É essencial que exista a adoção de medidas de segurança para mitigação dos potenciais riscos, assim sendo possível desfrutar dos benefícios da nova tecnologia, enquanto os riscos são devidamente gerenciados.

### 3. Materiais e Métodos

Neste estudo, adotou-se a metodologia exploratória com uma abordagem quantitativa. Para isso, foram realizadas leituras acadêmicas relacionadas a temática, foram utilizados como fontes, artigos acadêmicos, revistas científicas disponíveis *on-line*, sites da Internet, entre outras. Assim reunindo e comparando os diferentes dados encontrados nas fontes que foram consultadas e listadas os principais fatores que aumentam a taxa de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera a partir da construção e instalação de novas antenas de 5G, bem como as vulnerabilidades e riscos que a rede pode estar exposta.

Este artigo considerou apenas fontes com publicações datadas de 2015 a 2024, foram excluídas 31 publicações com base em seus títulos e resumos, além disso outras publicações foram excluídas por não atingirem os critérios de seleção. No total foram selecionadas 32 publicações. A Figura 1 demonstra o fluxograma do processo de seleção das publicações selecionadas.

Figura 1 – Fluxograma do processo de seleção das publicações selecionadas



Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

As pesquisas foram inicialmente realizadas a partir do Google Acadêmico, contudo após um aprofundamento foram utilizadas outras fontes como: Instituto Aço Brasil, Associação Brasileira do Alumínio, Amazon, Anatel, IEEE e NOAA.

#### 4. Resultados e Discussões

Para que aconteça a implementação do 5G, de maneira sustentável e de acordo com os aspectos de Segurança da Informação, é preciso que haja alternativas e métodos para que seja possível desfrutar do benefício da nova tecnologia de maneira eficiente e com uma segurança eficaz contra os possíveis riscos.

##### 4.1 Melhorias Ambientais com o 5G

Para garantir a implementação sustentável do 5G e melhorar as questões ambientais, é crucial considerar alternativas que reduzam o impacto e promovam a eficiência energética. Uma

das abordagens consiste na reciclagem de recursos, como o aço das torres antigas de 2G e 3G, que serão desativadas devido à obsolescência tecnológica. Ramadan e Shash (2015) destacam que o aço é a 100% reciclável, podendo ser reutilizado várias vezes sem que haja perda significativa de sua resistência e ductilidade. Isso não apenas reduz a necessidade de produção de aço primário, mas também diminui significativamente as emissões de CO<sub>2</sub> associadas, como evidenciado pela Gerdau (2020) cerca de 1,5 toneladas de gases do efeito estufa é deixado de ser emitido a cada tonelada de aço produzido com sucata ferrosa reciclada.

Outra abordagem sustentável é o compartilhamento de frequências, permitindo que as torres 4G também transmitam o sinal 5G, assim criando torres híbridas por meio da tecnologia de *Spectrum Sharing*. Esse método, conforme a Ericsson (2019), revoluciona as formas de introdução de novas tecnologias. Tal inovação permite que a implantação na mesma banda e alocada dinamicamente, opere entre o 4G e 5G através da demanda dos usuários.

Além disso, tecnologias como o *Mosaic*, desenvolvida pela CommScope, combinam o 4G e o 5G em soluções compactada e integrada, fazendo assim antenas passivas-ativas. Tal funcionalidade pode ser instalada nas torres de 4G já existentes, na qual possibilita a coexistência com as novas antenas 5G sem causar interferência. Sobre a tecnologia Mosaic, Commscope (2023) destaca que a plataforma por ser versátil possibilita a hospedagem do rádio que melhor se adequar a rede, bem como a atualização sem necessidade de expandir o espaço ocupado ou a diminuição do desempenho.

Observa-se na Tabela 3 um comparativo das aplicações de cada método e suas respectivas melhorias.

Tabela 3 - Comparativo dos métodos sustentáveis

<b>Método</b>	<b>Como se aplica</b>	<b>Melhorias</b>
Reciclagem de recursos.	Realização da reciclagem do aço e alumínio provindo de torres antigas desativas e/ ou que serão desativadas.	Redução das emissões de CO <sub>2</sub> e reutilização de recursos que seriam descartados.
Compartilhamento de frequência, através da tecnologia <i>Spectrum Sharing</i> .	Formação de torres híbridas, através da tecnologia <i>Spectrum Sharing</i> .	Utilização eficiente das infraestruturas existentes.
Integração de 4G e 5G de maneira compacta, através da tecnologia <i>Mosaic</i> .	Formação de torres de antenas passivas-ativas através da tecnologia <i>Mosaic</i> .	Coexistência de antenas 4G e 5G, integração de tecnologias.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024) com base em Ramadan e Shash (2015), Ericsson (2019) e Commscope (2023)

#### 4.2 Melhorias em Segurança da Informação com o 5G

Em paralelo às melhorias ambientais, é fundamental fortalecer a Segurança da Informação no contexto do 5G. Existem métodos que mantêm a rede cada vez mais segura e diminuem as chances de sucesso em um ataque malicioso.

Uma preocupação é a segurança dos dispositivos IoT associados à rede 5G, como visto anteriormente neste artigo, esses dispositivos muitas vezes não possuem o mínimo de segurança que é preciso para garantir a preservação dos dados bem como sua integridade, para enfrentar esse desafio, é essencial estabelecer regulamentações que exijam níveis mínimos de segurança durante o desenvolvimento dessas tecnologias.

Um exemplo é o conjunto de leis que foi lançado pelo Reino Unido, conforme destacado pela AIOtBrasil (2024), essas leis determinam a obrigatoriedade, por parte das empresas fabricantes, incorporarem funções de segurança em todos os dispositivos conectados à Internet, além de implementar políticas de senhas mais robustas.

Esse é um bom exemplo de método de segurança a ser seguido e introduzido, pois além de aumentar a segurança da rede, também garante que a SI seja levada em consideração nos processos de desenvolvimento para tecnologias futuras.

Outra medida tecnológica relevante é a adoção da tecnologia *Blockchain*, que se destaca por sua segurança e privacidade na infraestrutura de comunicação (Pedro *et al.*, 2024). Tal ferramenta funciona através da descentralização do fluxo de informações, através da arquitetura *peer-to-peer*, na qual cada nó da rede coopera entre si, não dependendo de um equipamento central, como um servidor, assim possibilitando que as informações sejam trocadas, validadas e arquivadas de forma segura. Como explicado por Rathore, Park e Chang (2021) o ponto crítico da tecnologia *Blockchain* está na descentralização, na segurança e no anonimato, na qual possibilita a implementação de transações seguras de dados em IoT, sem a necessidade de um servidor centralizado para suportar toda a carga de segurança, assim mitigando os riscos de ataques maliciosos.

Essas medidas fortalecem a segurança da rede, e promovem a conscientização sobre a importância da Segurança da Informação nas tecnologias futuras. A Tabela 4 resume as aplicações desses métodos e suas respectivas melhorias:

Tabela 4 - Comparativo dos métodos de Segurança a informação

Método	Como se aplica	Melhorias
Regulamentação da SI	Implementação de leis que obrigam fabricantes a estabelecerem requisitos mínimos em dispositivos IoT.	Maior segurança dos dispositivos IoT e prevenção contra ataques cibernéticos.
Descentralização do fluxo de informação através de <i>Blockchain</i> .	Distribuindo e descentralizando o armazenamento e a transmissão de dados.	Descentralização, privacidade, e transações de dados seguras sem necessidade de um servidor centralizado.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024) com base em AIoTBrasil (2024), e Rathore, Park e Chang (2021)

## 5. Considerações finais

Este artigo teve como objetivo demonstrar, através de uma metodologia explicativa com abordagem quantitativa, os problemas ambientais da emissão de CO<sub>2</sub> e os aspectos de Segurança da Informação, ambos relacionados a tecnologia 5G.

Através deste estudo foi possível observar as implicações do 5G, destacando tanto os impactos ambientais resultantes da fabricação dos materiais quanto os riscos que os dispositivos e usuários estão expostos na rede através de possíveis vulnerabilidades existentes.

Analisando os processos de produção do aço e alumínio, constatou-se que cada tonelada de alumínio emite cerca de 3,5 toneladas de CO<sub>2</sub> e 2,1 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de aço produzido. Números esses na qual evidenciam que a expansão da infraestrutura, relacionada ao 5G, contribui para o agravamento dos problemas ambientais, como desgaste da atmosfera, aquecimento global, deterioração da qualidade do ar, resultando nas doenças respiratórias e a acidificação dos oceanos.

Agora já no quesito de Segurança da Informação, foram evidenciadas as fragilidades da rede 5G, bem como elas podem ser exploradas através dos dispositivos vinculados a rede. Também foram explicadas as vulnerabilidades, como elas podem prejudicar a transmissão da informação e quais os riscos associados a uma exploração bem-sucedida.

Para lidar com esses desafios, é crucial considerar medidas concretas e viáveis. foram apresentadas algumas propostas, como a reciclagem do aço, um material 100% reciclável, implementar políticas que incentivem e facilitem o reaproveitamento desse recurso pode reduzir significativamente a demanda do mesmo e, por consequência, a emissão de CO<sub>2</sub> associada a produção.

Além disso, a estratégia de compartilhamento de frequências entre as torres 4G e 5G surge como uma alternativa eficaz. Permitir que as torres 4G também transmitam o novo padrão de sinal 5G não só otimiza o uso da infraestrutura já existente, mas também reduz a necessidade de construção de novas torres, minimizando assim o impacto ambiental.

Também a integração compactada das redes 4G e 5G emerge como uma abordagem promissora. Ao fundir essas tecnologias de forma mais eficiente e compacta, é possível reduzir a quantidade de infraestrutura necessária, diminuindo assim o impacto visual e ambiental da implantação de novas antenas.

Para segurança citou-se a adoção de normas e leis que obrigam os fabricantes de dispositivos que se conectam a Internet, a adotarem medidas de segurança através de requisitos mínimos preestabelecidos.

Para uma medida tecnológica, pode-se utilizar a tecnologia *Blockchain*. Tal ferramenta oferece a descentralização do fluxo de informações, assim possibilitando que as informações sejam trocadas, validadas e arquivadas de forma segura. Assim preservando a segurança e o anonimato, permitindo a transmissão de dados entre dispositivos IoT.

Essas soluções não apenas abordam as implicações práticas imediatas, mas também representam passos concretos em direção a uma infraestrutura de comunicação mais sustentável, segura, eficaz e responsável ambientalmente.

## Referências

ABINC. **Aplicações de IoT que se tornaram viáveis com o 5G**. Associação Brasileira de Internet das Coisas. 2023. Disponível em: <https://abinc.org.br/aplicacoes-de-iot-que-se-tornaram-viaveis-com-o-5g/>. Acesso em: 16 de maio de 2024.

AIOTBRASIL. **Reino Unido Implanta a Primeira Lei de Segurança para IoT**. 2024. Disponível em: <https://aiotbrasil.com.br/noticias/reino-unido-implanta-a-primeira-lei-de-seguranca-para-iot>. Acesso em: 13 de maio de 2024.

AMAZON. **What is 5G?** Disponível em: [https://aws.amazon.com/what-is/5g/?nc1=h\\_ls](https://aws.amazon.com/what-is/5g/?nc1=h_ls). Acesso em: 29 de out. de 2023.

ANATEL. **Perguntas e Respostas sobre o 5G**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/5G/perguntas-e-respostas>. Acessado em: 02 de nov. de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Alumínio brasileiro: soluções para uma vida sustentável**, 2017. Disponível em: <https://abal.org.br/publicacao/aluminiobrasileiro-solucoes-para-uma-vida-sustentavel/>. Acesso em: 06 de novembro de 2023.

BAUM, V. B. **Análise comparativa dos impactos ambientais associados às rotas primária e secundária da produção de aço em uma usina siderúrgica: estudo de caso baseado na avaliação do ciclo de vida da estrutura metálica de um pavilhão industrial executada a partir de sucata ferrosa reciclada**. 2021. Disponível em: [https://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/9774/2/DIS\\_VITOR\\_BEHAR\\_BAUM\\_COMPL\\_ETO.pdf](https://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/9774/2/DIS_VITOR_BEHAR_BAUM_COMPL_ETO.pdf). Acesso em: 30 de out. de 2023.

CETESB. **Gases do Efeito Estufa**. 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

COMMSCOPE. **Mosaic Antenna Platform**. 2023. Disponível em: <https://www.commscope.com/product-type/antennas/base-station-antennasequipment/mosaic-antenna-platform/>. Acesso em: 04 de dezembro de 2023.

DATAREPORTAL. **Digital 2023 July Global Statshot Report**. 2023. Disponível em: <https://datareportal.com/reports/digital-2023-july-global-statshot>. Acesso em 25 out. 2023.

DRULLIS, G. **Qual distância máxima que o sinal de uma torre celular consegue alcançar**. Mobile time, 2023. Disponível em: <https://www.mobiletime.com.br/museu-move/24/02/2023/qual-distancia-maxima-que-o-sinal-de-uma-torre-celular-consegue-alcancar/>. Acesso em: 09 de nov. de 2023.

CHUKWU E. O.; ADAJI, J. I.; OKORO, A. D.; FALUYI, M. O. **Health and Environmental Impacts of Industrialization A case study of Dangote Cement Factory on Obajana Community, Kogi state, Nigeria**. International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS) volume-6-issue-8, pp.2840 August 2021. Disponível em: <https://rsisinternational.org/virtual-library/papers/health-and-environmental-impacts-of-industrialization-a-case-study-of-dangote-cement-factory-on-obajana-community-kogi-state-nigeria/>. Acesso em: 08 de nov. de 2023.

ERICSSON. **Breakthrough 5G data call using dynamic spectrum sharing to accelerate nationwide 5G deployments**. 2019. Disponível em: <https://www.ericsson.com/en/news/2019/9/ericsson-spectrum-sharing>. Acesso em: 27 de nov. de 2023.

FERRARI, M. **Tecnologia do 5G vai exigir de cinco a 10 vezes mais antenas do que o 4G**, explica especialista [Entrevista online concedida a] Luciane Amaral. Hoje em dia. 2022. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/minas/tecnologia-do-5g-vai-exigir-de-cinco-a-10-vezes-mais-antenas-do-que-o-4g-explica-especialista-1.912372>. Acesso em: 09 de nov. de 2023.

FONYI, S. **Visão geral da segurança e vulnerabilidades 5G**. A Revisão da Defesa Cibernética, v. 1, pág. 117-134, 2020. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26902666>. Acesso em: 26 de maio de 2024.

GERDAU. **Relatório Anual**. 2020. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/wpcontent/uploads/2022/07/RelatorioGerdau2020-1.pdf>. Acesso em: 21 de nov. de 2023.

HALL-SPENCER, J. M.; HARVEY, B. P. **Ocean acidification impacts on coastal ecosystem services due to habitat degradation**. *Emerging Topics in Life Sciences*, v. 3, n. 2, p. 197-206, 2019. Disponível em: <https://portlandpress.com/emergtoplifesci/article/3/2/197/219721/Ocean-acidificationimpacts-on-coastal-ecosystem>. Acesso em: 25 de out. de 2023.

MADAKAM, S.; RAMASWAMY, R.; TRIPATHI, S. **Internet of Things (IoT): A Literature Review**. 2015. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=56616>. Acesso em: 16 de maio de 2024.

MARTINHO, M. J. **5G Explorando a relação entre 5G, Cibersegurança e a manipulação da mente humana**. *Revista de Extensão e Iniciação Científica da UNISOCIESC*, v. 11, n. 1, 18 dez. 2024. Disponível em: <http://reis.unisociesc.com.br/index.php/reis/article/view/443/431>. Acesso em: 08 de maio de 2024.

MORAES, J. M. de; QUIRINO, C.; ALMEIDA, R. M. de.; NEVES, J. E. D. A. **Internet das Coisas (IoT): casa inteligente, definições e aplicações**. *Revista Brasileira em Tecnologia da Informação*, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 31 - 37, 2022. Disponível em: <https://www.fateccampinas.com.br/rbti/index.php/fatec/article/view/52>. Acesso em: 29 maio. 2024.

MOURA, T. M.; D' ALKMIN NEVES, J. E. **Análise de Segurança em Dispositivos Internet das Coisas**. *Revista Interface Tecnológica*, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 15–27, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31510/infa.v18i2.1174>. Acesso em: 31 maio 2024.

NEVES, J. E. D. **Estudo dos parâmetros do modelo de Mason para cerâmicas piezelétricas utilizando algoritmos genéticos**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas. Limeira, p. 129. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2018.995710>. Acesso em 31 de maio 2024.

NEVES, J. E. D. **Modelo Baseado em Agentes para Simulação de Consumo de Energia Elétrica em Função do Comportamento Humano**. *Revista Eletrônica Anima Terra*, v. 12, 2021. Disponível em: <https://fatecmogidascruzes.com.br/pdf/animaTerra/edicao12/artigo7.pdf>. Acesso em: 10 maio 2024.

NEVES, J. E. D.; PEDRO, P. S. M.; HERNANDEZ, M. F. G.; FABRI JUNIOR, L. A. **Simulation of the Implementation of Domestic Solar Systems Using Multi-agent Systems from Web Scraping**. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 1ed.: Springer International Publishing, 2023, v. 1, p. 88-96. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-04435-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-04435-9_8). Acesso em 10 de maio 2024.

NOAA. **Monthly Global Climate Report for Annual 2023**. 2024. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313>. Acesso em: 16 de maio de 2024.

PEDRO, A. M.; TURCI JUNIOR, M.; MONTEIRO, A. S.; ESPERANDIO, A. A. M.; BASTOS, C. V.; NEVES, J. E. D. **Blockchain como Fator de Transparência**. Revista Brasileira em Tecnologia da Informação, v. 5, p. 79-95, 2024. Disponível em: <https://www.fateccampinas.com.br/rbti/index.php/fatec/article/view/104>. Acesso em 31 de maio 2024.

RAMADAN, A.; SHASH, A. Y.; EL-MAHALLAWI, I. S.; SENK, D.; MATTAR, T. **Effect of tempcore processing on mitigating problems of tramp elements in low c steel produced from recycled material**. Journal of Iron and Steel research international. v. 22, p. 582–589, 2015. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(15\)30043-1](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(15)30043-1). Acesso em: 21 de nov. de 2023.

RATHORE, S.; PARK, J. H.; CHANG, H. **Deep Learning and Blockchain-Empowered Security Framework for Intelligent 5G-Enabled IoT**. Access IEEE, v. 90075-90083, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9420742>. Acesso em: 13 de maio de 2024.

SANTOS, B. S.; FONSECA, L. M. B.; SERNAGLIA, L.; NEVES, J. E. D. **Automação de casas e estabelecimentos comerciais através de microcontroladores**. REVISTA TECNOLÓGICA DA FATEC DE AMERICANA, v. 8, p. 70-80, 2020. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/6732>. Acesso em: 31 maio 2024.

SILVA, A. B. **Estudo sobre arquitetura de segurança cibernética em rede 5G**. 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/27412/AMANDA%20BARBOSA%20SILVA%20-%20TCC%20ENG.%20EL%20TRICA%20CEEI%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 de abril de 2024.

SOUZA, A. L. O.; BASTOS, C. V.; SANTOS, P. M. S.; SOARES, N. M.; NEVES, J. E. D. **Cibersegurança na Agricultura de Precisão: Exploração à Aplicação de Medidas Preventivas**. Advances in Global Innovation & Technology, v. 2, p. 61-73, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/2384439.2.2-5>. Acesso em 31 de maio 2024.

SYMANTEC. **ISTR Internet Security Threat Report**. v. 24, 2019. Disponível em: <https://docs.broadcom.com/doc/istr-24-2019-en>. Acesso em: 29 de abril de 2024.

TACCA, I. A. S.; BOAS, E. C. V.; AQUINO, G. P. **Aspectos de segurança cibernética em redes móveis 5g**. XL Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBrT2022), 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Evandro-Vilas-Boas/publication/364168526\\_Aspectos\\_de\\_Seguranca\\_Cibernetica\\_em\\_Redes\\_Moveis\\_5G/links/633dab6e76e39959d69f9f19/Aspectos-de-Seguranca-Cibernetica-em-Redes-Moveis-5G.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Evandro-Vilas-Boas/publication/364168526_Aspectos_de_Seguranca_Cibernetica_em_Redes_Moveis_5G/links/633dab6e76e39959d69f9f19/Aspectos-de-Seguranca-Cibernetica-em-Redes-Moveis-5G.pdf). Acesso em: 08 de maio de 2024.

TECMUNDO. **Brasil é o país mais propenso a sofrer vazamentos de dados em todo o mundo**. 2020. Disponível em:

<https://www.tecmundo.com.br/seguranca/154520-brasil-pais-propenso-sofrervazamento-o-mundo.htm>. Acesso em: 29 de abril de 2024.

VICENTINE, A. L.; SILVA, G. C. M.; NASCIMENTO, J. P. D. G.; NEVES, J. E. D. **Software anti-cheat**. Revista Brasileira em Tecnologia da Informação, v. 4, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://www.fateccampinas.com.br/rbti/index.php/fatec/article/view/54>. Acesso em: 12 maio 2024.

WMO. **WMO Greenhouse Gas Bulletin No. 19**. 2023. Disponível em: <https://wmo.int/publication-series/wmo-greenhouse-gas-bulletin-no-19>. Acesso em: 17 de maio de 2024.