

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CÂMPUS GOIÂNIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA, GESTÃO E SUSTENTABILIDADE

DEISIELLY RIBEIRO MENDES

Implementação de uma ferramenta para análise de indicadores relacionados a energia em cidades inteligentes e sustentáveis

Goiânia, 2025.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☒ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☐ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Deisielly Ribeiro Mendes

Matrícula: 20222011280037

Título do Trabalho: IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE INDICADORES RELACIONADOS A ENERGIA EM CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.



Documento assinado digitalmente
DEISELLE RIBEIRO MENDES
Data: 11/07/2025 17:25:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Goiânia, 08/07/2025.
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CÂMPUS GOIÂNIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA, GESTÃO E SUSTENTABILIDADE

DEISIELLY RIBEIRO MENDES

Implementação de uma ferramenta para análise de indicadores relacionados a energia em cidades inteligentes e sustentáveis

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Tecnologia, Gestão e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Raphael de Aquino Gomes

Coorientador: Prof. Dr. Édipo Henrique Cremon

Goiânia, 2025.

M538i Mendes, Deisielly Ribeiro.

Implementação de uma ferramenta para análise de indicadores relacionados a energia em cidades inteligentes e sustentáveis / Deisielly Ribeiro Mendes. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2025.
91f.

Orientação: Prof. Dr. Raphael de Aquino Gomes.

Coorientação: Prof. Dr. Édipo Henrique Cremon.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Tecnologia, Gestão e Sustentabilidade, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

1. Energia elétrica – indicadores. 2. Sustentabilidade. I. Gomes, Raphael de Aquino (orientação). II. Cremon, Édipo Henrique (coorientação). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. IV. Título.

CDD 621.317

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Lana Cristina Dias Oliveira CRB1/ 2.631
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

PARECER 21/2025 - GYN-CMTGS/GYN-GPPEX/CP-GOIANIA/IFG

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG CÂMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA, GESTÃO E SUSTENTABILIDADE

DEISIELLY RIBEIRO MENDES

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE INDICADORES RELACIONADOS A ENERGIA EM CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Gestão e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa.

Linha de Pesquisa: Energias Renováveis

Aprovação em 08 de julho de 2025.

Banca examinadora:

Presidente e orientador: Prof. Dr. Raphael de Aquino Gomes - PPGTGS IFG

Coorientador: Prof. Dr. Édipo Henrique Cremon - PPGTGS IFG

Avaliador: Prof. Dr. Erich Potrich - UFPI / PPGTGS IFG

Avaliadora: Prof.a Dr.a Jaqueline Alves Ribeiro - IF Goiano

Avaliador: Prof. Dr. Daywes Pinheiro Neto - PPGTGS IFG

Documento assinado eletronicamente por:

- Jaqueline Alves Ribeiro, Jaqueline Alves Ribeiro - Docente - Ifgoiano - Câmpus Trindade (10651417001301), em 11/07/2025 16:51:34.
- Edipo Henrique Cremon, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/07/2025 15:51:49.
- Erich Potrich, Erich Potrich - Docente - Universidade Federal do Piauí (06517387000134), em 11/07/2025 14:39:04.
- Daywes Pinheiro Neto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/07/2025 13:32:46.
- Raphael de Aquino Gomes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/07/2025 14:59:14.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/07/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 669659

Código de Autenticação: bfce2c4bfd



Dedicatória

Dedico este trabalho à minha avó Francisca, cujo amor, força e generosidade foram alicerces fundamentais em minha trajetória. Sua presença constante, mesmo nos momentos de calma e introspecção, foi minha maior inspiração para seguir em frente, mesmo quando o caminho parecia árduo.

Dedico também à minha família, que me ensinou, com exemplos diários, o valor da educação, da perseverança e da honestidade. Nos momentos em que precisei me ausentar, nunca me faltaram compreensão e apoio.

Aos que caminharam ao meu lado, ainda que discretamente, oferecendo carinho, acolhimento e palavras de incentivo, deixo aqui minha mais profunda gratidão. E por fim, dedico a todas as mulheres que, como eu, persistem, resistem e acreditam no poder transformador do conhecimento.

Agradecimentos

Ao longo desses anos de mestrado, marcados por intenso estudo, esforço e dedicação, muitas pessoas foram fundamentais para a concretização desta conquista. Expresso aqui minha sincera gratidão àquelas que, de diferentes formas, me apoiaram e incentivaram nessa trajetória.

Primeiramente, à minha família, e em especial à minha avó Francisca, que sempre acreditou em mim e lutou para que eu pudesse chegar até aqui. Agradeço profundamente pela compreensão nos momentos em que minha dedicação aos estudos exigiu minha ausência, pelo apoio incondicional nos desafios enfrentados e, acima de tudo, pelo amor e incentivo constantes. Sem o esforço e o carinho de vocês, essa jornada teria sido muito mais difícil.

Minha gratidão especial ao Prof. Dr. Raphael de Aquino Gomes, meu orientador, cuja dedicação e compromisso foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Seu apoio inestimável, sua orientação precisa e sua confiança foram determinantes para que eu pudesse superar os desafios acadêmicos e concluir esta etapa.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, palavras de incentivo e compartilhando comigo essa caminhada, meu mais sincero agradecimento. Vocês tornaram essa jornada mais leve e significativa.

Por fim, agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo suporte, que viabilizou a realização deste trabalho e reflete a importância do investimento em educação e pesquisa para o desenvolvimento científico e social.

O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria,
aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da
gente é coragem.

João Guimarães Rosa,
1908-1967.

Resumo

Título: Implementação de uma ferramenta para análise de indicadores relacionados a energia em cidades inteligentes e sustentáveis

Autor: Deisielly Ribeiro Mendes

Orientador: Dr. Raphael de Aquino Gomes

Coorientador: Prof. Dr. Édipo Henrique Cremon

Nas últimas décadas, o mundo tem enfrentado sucessivas crises energéticas, como os apagões históricos que impactam milhões de pessoas, tanto em países em desenvolvimento quanto em economias avançadas. Essas situações, somadas à rápida urbanização, impõem aos centros urbanos a necessidade urgente de rever seus sistemas de consumo, geração e gestão de energia. Neste cenário, o presente trabalho analisa os indicadores da norma ABNT NBR ISO 37120, que trata do desempenho de serviços e da qualidade de vida nas cidades, com foco específico em aspectos relacionados à energia. A partir da sistematização de dados de municípios do estado de Goiás, entre os anos de 2019 e 2023, são realizadas análises críticas e comparativas que buscam evidenciar tendências, disparidades regionais e oportunidades de melhoria na gestão energética local. Como forma de apresentar os resultados de maneira acessível, foi desenvolvida uma ferramenta de visualização interativa que facilita a interpretação dos dados por gestores públicos e demais interessados, mas que representa somente um meio de divulgação dos achados. Ao concentrar-se em um conjunto padronizado de indicadores e aplicá-los de forma contextualizada e longitudinal, a pesquisa contribui para o fortalecimento das capacidades municipais de planejamento energético, oferecendo subsídios para políticas mais eficazes e sustentáveis.

Palavras-chave

Energia, Desenvolvimento Sustentável, Indicadores, ISO 37120

Abstract

Title: Analysis of energy-related indicators in smart and sustainable cities

Author: Deisielly Ribeiro Mendes

Advisor: Dr. Raphael de Aquino Gomes

Coadvisor: Prof. Dr. Édipo Henrique Cremon

In recent decades, the world has faced successive energy crises, including historic blackouts that have impacted millions of people in both developing countries and advanced economies. These situations, combined with rapid urbanization, impose an urgent need on urban centers to review their energy consumption, generation, and management systems. In this scenario, this paper analyzes the indicators of the ABNT NBR ISO 37120 standard, which deals with the performance of services and quality of life in cities, with a specific focus on aspects related to energy. Based on the systematization of data from municipalities in the state of Goiás between 2019 and 2023, critical and comparative analyses are conducted to highlight trends, regional disparities, and opportunities for improvement in local energy management. To present the results in an accessible manner, an interactive visualization tool was developed to facilitate the interpretation of the data by public managers and other interested parties. However, it represents only one means of disseminating the findings. By focusing on a standardized set of indicators and applying them in a contextualized and longitudinal manner, the research contributes to strengthening municipal energy planning capacities, providing support for more effective and sustainable policies.

Keywords

Energy, Sustainable Development, Indicators, ISO 37120

Lista de Figuras

Figura 1	– Relacionamento entre inteligência, sustentabilidade e cidades.	24
Figura 2	– Consumo da energia elétrica no Brasil desde 1970.	26
Figura 3	– Consumo da energia elétrica no Brasil por classe.	27
Figura 4	– Integração das normas ABNT NBR ISO para cidades inteligentes e sustentáveis.	28
Figura 5	– São José dos Campos na plataforma Bright Cities	35
Figura 6	– Power BI desktop	36
Figura 7	– Etapas da metodologia.....	39
Figura 8	– Consumo per capita de Goiás de 2019 a 2023 (GJ/ano)	48
Figura 9	– Porcentagem da energia proveniente de fontes renováveis durante o período de 2019 a 2023 em Goiás (considerando somente valores diferente de 100%)	52
Figura 10	– Porcentagem de habitantes do estado de Goiás com forne- cimento regular de energia elétrica entre 2019 e 2023 (considerando somente os casos diferentes de 100%)	57
Figura 11	– Consumo de energia elétrica de edifícios públicos no estado de Goiás entre os anos de 2019 a 2023, considerando somente os valores diferentes de 0	60
Figura 12	– Distribuição do consumo de energia em vias públicas no período de 2019 a 2023 no estado de Goiás.....	64
Figura 13	– Distribuição das horas de interrupções por UC de energia elétrica em Goiás durante os anos de 2019 a 2023, considerando somente os casos diferente de 0.....	69
Figura 14	– Pontuação total por município em 2019 (a) e 2023 (b).	75
Figura 15	– Capa do dashboard	80
Figura 16	– Mapa interativo no dashboard	81
Figura 17	– Primeiro painel de indicadores no dashboard	82
Figura 18	– Segundo painel de indicadores no dashboard.....	83

Lista de Tabelas

Tabela 1	– Indicadores de energia da ABNT NBR ISO 37120	30
Tabela 2	– Indicadores de energia da ABNT NBR ISO 37122	31
Tabela 3	– Indicadores de energia da ABNT NBR ISO 37123	33
Tabela 4	– Municípios com maiores consumo de energia per capita (GJ/ano).....	49
Tabela 5	– Municípios com menores consumo per capita (GJ/ano)	50
Tabela 6	– Municípios com maiores porcentagens totais provenientes de fontes renováveis (considerando somente valores diferentes de 100)	55
Tabela 7	– Municípios com menores porcentagens totais provenientes de fontes renováveis.....	56
Tabela 8	– Municípios com maiores porcentagens de habitantes resi- denciais com fornecimento regular de energia elétrica (considerando somente valores diferentes de 100)	59
Tabela 9	– Municípios com maiores consumos de energia de edifícios públicos (GJ/m ²)	62
Tabela 10	– Municípios com menores consumos de energia de edifícios públicos (GJ/m ²), considerando apenas valores diferentes de 0	63
Tabela 11	– Municípios com maiores consumos de vias públicas (kWh/km/ano)	66
Tabela 12	– Municípios com menores consumos de vias públicas (kWh/km/ano)	67
Tabela 13	– Municípios com maiores durações de interrupções de forne- cimento de energia (h/UC/ano).....	72
Tabela 14	– Municípios com menores durações de interrupções de forne- cimento de energia (h/UC/ano), considerando somente valores diferentes de 0.....	73
Tabela 15	– Municípios com maiores pontuações.....	77
Tabela 16	– Municípios com menores pontuações	78

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
BI	<i>Business Intelligence</i>
CHESP	Companhia Hidrelétrica de São Patrício
CIS	Cidades Inteligentes e Sustentáveis
CSI	Centro de Segurança e Inteligência
DAX	<i>Data Analysis Expressions</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
GJ	Gigajoule
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IMD	<i>International Institute for Management Development</i>
IQR	Intervalo Interquartil
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MWh	Megawatt-hora
NBR	Norma Brasileira
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
SIN	Sistema Interligado Nacional
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UC	Unidade Consumidora
UFPA	Universidade Federal do Pará
WCCD	<i>World Council on City Data</i>

Sumário

1	Introdução	14
1.1	Objetivos.....	19
1.2	Estrutura do trabalho.....	20
2	Referencial Teórico	22
2.1	Cidades Inteligentes e Sustentáveis	22
2.2	O papel da energia na Sustentabilidade.....	24
2.3	Indicadores de sustentabilidade relacionados a energia	27
2.4	Ferramentas de apoio para análise de indicadores	34
2.4.1	<i>Business Intelligence</i>	35
3	Metodologia	38
3.1	Etapas de desenvolvimento	38
3.1.1	Coleta de Dados	39
3.1.2	Processamento e Tratamento dos Dados	40
3.1.3	Cálculo dos indicadores.....	41
3.1.4	Implementação do <i>dashboard</i>	44
4	Apresentação dos indicadores	46
4.1	Qualidade dos dados	46
4.2	Indicadores da ABNT NBR ISO 37120	47
4.2.1	Consumo final total de energia per capita (GJ/ano)	47
4.2.2	Porcentagem da energia total final proveniente de fontes renováveis	51
4.2.3	Porcentagem da população com fornecimento regular de energia elétrica	57
4.2.4	Consumo final de energia de edifícios públicos	60
4.2.5	Consumo de energia elétrica da iluminação em vias públicas	64
4.2.6	Duração média de interrupção no fornecimento de energia	69
4.3	Pontuação total	74
5	Implementação do <i>Dashboard</i>	79
5.1	Painel de apresentação	80
5.2	Mapa interativo	80
5.3	Painel de indicadores - Parte 1	81
5.4	Painel de indicadores - Parte 2	82
6	Considerações Finais	84
	Referências	86

Introdução

Nas últimas décadas, a humanidade tem enfrentado desafios energéticos cada vez mais complexos, evidenciados por crises de fornecimento, como os apagões elétricos que afetam milhões de pessoas e colocaram em risco a resiliência das infraestruturas urbanas. Em um mundo no qual a energia é indispensável não somente para o funcionamento da economia, mas para a preservação da vida e da dignidade humana, é necessário repensar como este recurso essencial é gerado, controlado e distribuído. A gestão energética, nesse sentido, não é somente uma estratégia técnica, mas uma condição para a promoção da qualidade de vida, do desenvolvimento econômico inclusivo e da sustentabilidade ambiental (Calvillo; Sánchez-Miralles; Villar, 2016).

Conforme aponta o relatório emitido pela Agência Internacional de Energia (IEA., 2025), a dinâmica do consumo energético global tem se intensificado de maneira expressiva nas últimas décadas. Os dados mais recentes confirmam essa tendência em 2024, mostrando que a utilização de energia mundial superou a média histórica, com aumento simultâneo na demanda por todas as fontes disponíveis, como petróleo, gás natural, energias renováveis e energia nuclear. Este crescimento foi liderado pelo setor elétrico, cuja demanda aumentou quase duas vezes mais rapidamente que a demanda total de energia, impulsionada por fatores como a expansão dos sistemas de refrigeração, o aumento do consumo industrial, a eletrificação do transporte, e, mais recentemente, pelo avanço de tecnologias intensivas em energia, como *datacenters* em virtude da inteligência artificial (IEA., 2025).

Nesse cenário, destaca-se o papel das cidades. Glaeser (2011) argumenta que os centros urbanos proporcionam maior acesso à educação, saúde, emprego e inovação, elementos fundamentais para o progresso social. Sendo assim, mais do que concentradoras de consumo, as cidades são territórios de oportunidades. Essa densidade humana e funcional possibilita maior interação entre os atores sociais, criando condições favoráveis à construção de soluções coletivas mais eficientes e sustentáveis. Nesse contexto, a energia se apresenta como um elemento transversal, que permeia desde a mobilidade urbana até a gestão de resíduos, o uso da água, a

conectividade digital e a infraestrutura habitacional (EPE, 2022).

No Brasil, o relatório síntese do Balanço Energético Nacional (BEN) 2024, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), evidencia avanços relevantes na matriz energética do país. Em 2023, as fontes renováveis corresponderam a 49,1% da matriz total, representando um crescimento de 1,7 ponto percentual em relação ao ano anterior. No âmbito da matriz elétrica, a participação dessas fontes alcançou 89,2%, com crescimento de 1,3 ponto percentual frente a 2022. Considerando somente o Sistema Interligado Nacional (SIN), esse percentual sobe para 93%, consolidando o papel estratégico do Brasil na liderança da transição energética em escala global.

Os percentuais elevados de participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira, especialmente quando comparados aos índices de países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), refletem características estruturais únicas do setor elétrico nacional. Esse desempenho é resultado, em grande parte, da expressiva contribuição das usinas hidrelétricas, cuja capacidade permanecem altas, aliadas também ao crescimento de fonte limpas de energia cuja produção apresenta perdas praticamente nulas (IEA., 2025).

Em contraste com muitas nações de economia emergente, como China, Índia ou Rússia, o Brasil mantém uma participação reduzida de fontes mais poluentes, como o carvão mineral, que representa somente 4,4% de sua matriz energética. Essa vantagem estrutural, sobretudo no campo da geração elétrica, é uma das razões pelas quais o Observatório do Clima aponta o Brasil como a única grande economia global com condições reais de atingir a situação de carbono negativo até 2045 (Araujo; Coelho; Ishisaki, 2024).

Diante do crescente interesse global pela adoção de fontes renováveis, torna-se cada vez mais relevante que as cidades analisem indicadores específicos capazes de orientar seu desenvolvimento no contexto energético. Essa análise possibilita o monitoramento contínuo do desempenho urbano, e fornecem uma base sólida para a formulação de políticas públicas mais eficazes e podem alinhar-se a padrões internacionais e promover uma transição para práticas energéticas mais sustentáveis, contribuindo assim para um futuro urbano resiliente (Sarubbi, 2016).

A busca pela eficiência nos serviços urbanos, melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento sustentável são objetivos principais de uma cidade inteligente. Sob a perspectiva do consumo de energia, é essencial que as discussões sobre cidades inteligentes incorporem considerações sobre a transição energética, mudanças climáticas e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). A coordenação desse processo pelos governos locais exige uma transformação na governança, aplicando tecnologia para ampliar a participação política, serviços aos cidadãos e eficiência administrativa, caracterizando a “governança inte-

ligente” (Bria; Morozov, 2020).

Se investir na transição energética é uma estratégia vantajosa para qualquer país, essa escolha revela-se ainda mais crucial para os países em desenvolvimento, cuja necessidade de expansão da infraestrutura é proporcionalmente maior do que a dos países já industrializados (Cantarero, 2020). Direcionar recursos para fontes renováveis de energia representa uma medida inteligente e estratégica, por reduzir a dependência de subsídios aos combustíveis fósseis, mitigando os custos associados aos impactos desses combustíveis na saúde pública e evitando gastos futuros com a correção de trajetórias energéticas insustentáveis.

Nesse movimento de transformação, torna-se essencial dispor de instrumentos capazes de orientar políticas públicas com base em critérios objetivos e comparáveis. É nesse sentido que a *International Organization for Standardization* (ISO) desenvolveu um conjunto de indicadores voltados ao desenvolvimento sustentável das cidades, abrangendo áreas como energia, meio ambiente, governança, mobilidade, saúde e infraestrutura urbana, entre outros. Esses indicadores oferecem subsídios para o acompanhamento do progresso municipal, promovendo maior coerência entre metas locais e compromissos globais. Em especial, a ABNT NBR ISO¹ 37120 (ABNT, 2021a) é uma norma internacional que estabelece indicadores para medir e comparar o desempenho de serviços urbanos e a qualidade de vida em cidades e comunidades. Ela define um conjunto padronizado de indicadores para diversas áreas como educação, saúde, transporte, segurança, entre outros, permitindo que as cidades avaliem seu progresso e se comparem com outras.

No Brasil, São José dos Campos – SP destacou-se como a primeira cidade a obter em 2022 certificação simultânea como Inteligente, Resiliente e Sustentável, tornando-se referência nacional na adoção de práticas urbanas alinhadas aos padrões internacionais de desenvolvimento. Seu exemplo serve como modelo para outras cidades brasileiras que buscam integrar tecnologia, planejamento estratégico e responsabilidade ambiental em sua gestão pública. De maneira semelhante, as cidades de Uberlândia – MG, Porto Alegre – RS e Rio de Janeiro – RJ adotaram a norma ABNT NBR ISO 37120 como ferramenta de avaliação de indicadores de sustentabilidade urbana, cada uma com enfoques específicos conforme suas prioridades locais.

Em Uberlândia - MG, a análise concentrou-se em transporte e mobilidade, revelando uma infraestrutura de 11,57 km de ciclovias por 100 mil habitantes e uma

¹A ABNT Norma Brasileira (NBR) é um conjunto de normas técnicas elaboradas ou adotadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), visando padronizar processos, produtos e serviços no território nacional, promovendo a qualidade, segurança e interoperabilidade conforme as particularidades do contexto brasileiro.

taxa de mortalidade no trânsito de 7,7 por 100 mil habitantes (Júnior, 2019). Porto Alegre - RS, por sua vez, avaliou aspectos relacionados à qualidade urbana e aos serviços públicos, realizando uma comparação com outras cidades latino-americanas, como Léon, Bogotá, Buenos Aires e Guadalajara (Mainardi *et al.*, 2021). Já o município do Rio de Janeiro - RJ apresentou indicadores de cobertura de energia elétrica, alcançando 99,38% da população, mas ainda enfrenta desafios críticos, como elevados níveis de material particulado ($67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e baixa cobertura de saneamento básico (Couto *et al.*, 2023). Esses exemplos demonstram a aplicabilidade da norma como instrumento de diagnóstico e planejamento urbano, evidenciando tanto os avanços quanto as fragilidades nos diferentes contextos municipais.

No contexto acadêmico, Stefani *et al.* (2024) analisaram a aplicação dos indicadores da ABNT NBR ISO 37120 nas cidades de Guarapuava - PR, no Brasil, e Matosinhos, em Portugal, com ênfase na percepção dos cidadãos sobre os serviços urbanos. Os resultados reforçam a eficácia desses indicadores como instrumentos de monitoramento e planejamento, permitindo uma gestão mais estratégica dos recursos públicos. Além disso, o estudo evidencia o potencial da norma para orientar decisões alinhadas aos ODS, promovendo cidades mais equilibradas, inclusivas e resilientes.

Hajduk e Litavniece (2019) investigaram os sistemas de transporte urbano em cidades europeias com base nos indicadores da ISO 37120. A pesquisa identificou variáveis relacionadas ao transporte, destacando três aspectos principais: fatalidades no trânsito, extensão das ciclovias e redes de transporte público leve. Com base nessas variáveis, o estudo demonstra a existência de uma forte relação entre infraestrutura e segurança viária, apontando para estratégias que visam melhorar a mobilidade sustentável e incentivar a transição para sistemas com menor emissão de carbono.

Midor e Płaza (2020) analisam as normas ISO 37101, 37120, 37122 e 37123, todas voltadas para cidades inteligentes, comparando 21 cidades europeias usando dados do *World Council on City Data* (WCCD) sobre consumo de energia renovável per capita. O trabalho reforça como a ISO 37120 oferece suporte a comparações de desempenho global. No entanto, a análise se baseia somente em dados secundários do WCCD e é geograficamente confinada à Europa, não vinculando as pontuações dos indicadores aos resultados das políticas.

Komisar e Fox (2020) desenvolveram uma ontologia semântica que formaliza cada definição, fórmula e elemento de dados por trás dos indicadores de energia da ISO 37120, visando facilitar o compartilhamento de dados e a comparação entre cidades. Contudo, o trabalho permanece conceitual (sem implantação prática). Além disso, sua complexidade ontológica pode exceder a capacidade técnica de muitas equipes de dados municipais, sobretudo no contexto de países em desenvolvimento.

Méndez *et al.* (2021) testaram os indicadores de energia da ISO 37120 no Instituto Tecnológico e de Estudos Superiores de Monterrey, no México, combinando previsões de aprendizado de máquina com *feedback* gamificado para incentivar os ocupantes a reduzir o consumo. Uma limitação deste trabalho é as evidências serem extraídas de um único local da universidade com um pequeno grupo de participantes, não oferecendo acompanhamento longitudinal e, portanto, limitam a generalização para cidades em grande escala.

Bencke, Cechinel e Munoz (2020) treinaram 11 modelos de aprendizado de máquina em 67 mil postagens portuguesas do Twitter (atualmente X) e do Google Colab para rotular mensagens de cidadãos por meio de dimensões da ABNT NBR ISO 37120, como energia, atingindo microF1² de até 75%. Contudo, os conjuntos de dados são altamente desequilibrados, confinados a duas plataformas, e os resultados não são validados de forma cruzada com dados oficiais da cidade, deixando a precisão e o viés entre os dados demográficos incertos.

Müller, Silva e Ribeiro (2020) conduziram uma revisão documental da adoção da ABNT NBR ISO 37120 em todo o mundo, observando seu uso crescente para auditoria e certificação de sustentabilidade inteligente, mas destacam obstáculos persistentes: muitas cidades lutam para manter os dados atualizados após a primeira certificação, a participação latino-americana é escassa e o estudo em si permanece amplamente descritivo sem apresentar novos conjuntos de dados de indicadores empíricos.

No contexto brasileiro, Lobato *et al.* (2021) mapearam 17 indicadores de cidades inteligentes (incluindo energia) no campus Guamá da Universidade Federal do Pará (UFPA), demonstrando os primeiros passos em direção ao monitoramento alinhado à ISO na Amazônia. Uma limitação observada é que o escopo do trabalho a um “laboratório vivo” do campus, carecendo de análise de tendências plurianuais. Outra lacuna é que os autores não avaliam como os indicadores influenciam a governança urbana mais ampla.

Apesar da existência de trabalhos como estes, é possível verificar que o desenvolvimento de ferramentas que facilitem a aplicação prática da ABNT NBR ISO 37120 no contexto energético, permanece incipiente. Essa lacuna assume

²O microF1 é uma medida usada para avaliar o desempenho de modelos de aprendizado de máquina, especialmente quando eles precisam classificar dados em várias categorias ao mesmo tempo (como identificar o tipo de notícia ou o sentimento de um comentário). Para calcular o microF1, o modelo considera todas as previsões feitas e compara com as respostas corretas, contando acertos e erros de forma global — ou seja, trata todas as categorias como se fossem uma só grande tarefa. Isso é útil quando as categorias têm tamanhos muito diferentes, pois evita que as maiores dominem a avaliação. Assim, o microF1 mostra o quão bem o modelo está acertando no geral, equilibrando os erros e acertos de forma justa (Sokolova; Lapalme, 2009).

maior relevância diante da crescente complexidade do planejamento urbano e da demanda por decisões mais informadas e estratégicas, sobretudo no campo da gestão energética. Outra questão a ser destacada é que, mesmo havendo trabalhos que relacionam a ABNT NBR ISO 37120 a cidades brasileiras e, mais especificamente, goianas (Araújo *et al.*, 2024; Pinange, 2022) a análise é muito superficial, não oferecendo ferramentas de apoio ou mesmo indicadores que possam de fato fomentar políticas públicas.

Com o intuito de suprir as lacunas identificadas, principalmente com relação à análise de cidades no estado de Goiás, o presente trabalho propõe a análise de indicadores de energia propostos pela ABNT NBR ISO 37120 no contexto goiano e a consequente criação de uma ferramenta de apoio à decisão. O trabalho oferece suporte estratégico aos gestores públicos na formulação de políticas que promovam cidades mais sustentáveis energeticamente. Para isso, a ferramenta integrará indicadores padronizados e relacionados à realidade local, utilizando dados abertos de agências reguladoras e informações municipais. Ao servir como guia analítico, essa solução pretende contribuir diretamente para a transição das cidades rumo a uma matriz energética mais limpa, resiliente e eficiente, consolidando-se como instrumento fundamental para o avanço de políticas urbanas alinhadas à sustentabilidade.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral analisar indicadores e desenvolver uma ferramenta voltada à análise do desempenho energético nos municípios do estado de Goiás, com base nos parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO 37120. A proposta é oferecer um instrumento que permita avaliar tanto a situação atual quanto as possibilidades de melhoria das práticas ligadas ao uso de energia, considerando aspectos técnicos e contextuais de cada localidade. Com base nisto, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Investigar os indicadores de desempenho energético presentes na norma ABNT NBR ISO 37120, analisando sua aplicabilidade ao contexto dos municípios do estado de Goiás.
- Analisar o potencial dos dados públicos disponíveis para a construção de um panorama energético municipal, considerando critérios de disponibilidade, confiabilidade, atualidade e abrangência.
- Desenvolver uma abordagem metodológica para avaliação comparativa do desempenho energético municipal, integrando indicadores normativos e dados contextuais locais.

- Explorar o papel das ferramentas digitais na promoção de diagnósticos energéticos urbanos, avaliando sua contribuição para a formulação de políticas públicas sustentáveis.
- Examinar os desafios e oportunidades relacionados à gestão energética em cidades, com ênfase nas especificidades regionais de Goiás.
- Avaliar o alinhamento entre indicadores locais de gestão energética e os princípios de cidades inteligentes e sustentáveis, discutindo lacunas e possibilidades de avanço.
- Refletir sobre os impactos potenciais da disponibilização de ferramentas de apoio à decisão, com foco na democratização do acesso à informação e no fortalecimento da cultura de sustentabilidade.

1.2 Estrutura do trabalho

Os resultados da pesquisa são estruturados em cinco capítulos para a melhor compreensão. O restante do trabalho é estruturado conforme descrito a seguir.

No Capítulo 2, referente ao referencial teórico, são abordados os principais conceitos que fundamentam a pesquisa. São discutidas as características das cidades inteligentes e sua relação com a sustentabilidade, com ênfase nos desafios energéticos do ambiente urbano. Em seguida, exploram-se os indicadores relacionados à energia propostos pelas normas ABNT NBR ISO 37120, 37122 e 37123, além da utilização do Power BI como ferramenta de suporte à análise e visualização de dados.

O Capítulo 3 trata da metodologia adotada. Detalha-se o processo de desenvolvimento da ferramenta proposta, incluindo as etapas de coleta, tratamento e organização dos dados. Também são descritos os procedimentos utilizados para o cálculo dos indicadores energéticos e a construção do *dashboard*. O capítulo justifica as abordagens técnicas escolhidas e apresenta a sequência de ações realizadas ao longo do estudo.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados dos indicadores de energia da ABNT NBR ISO 37120 para os municípios de Goiás. É apresentada uma visão geral e temporal, destacando as principais observações obtidas para cada indicador.

O Capítulo 5 descreve a implementação da ferramenta que permite analisar com mais detalhes os indicadores discutidos no capítulo anterior. As visualizações desenvolvidas são analisadas criticamente, demonstrando como elas permitem identificar padrões, pontos de destaque e áreas que demandam melhorias, contribuindo para a formulação de estratégias mais eficazes.

Por fim, o Capítulo 6 é dedicado às considerações finais. Nele, são retomados os objetivos propostos e as lacunas preenchidas pelo trabalho. O capítulo também

aponta limitações enfrentadas durante o processo e sugere propostas para futuras pesquisas e aprimoramentos da ferramenta desenvolvida.

Referencial Teórico

Este capítulo apresenta o referencial teórico que fundamenta a pesquisa, abordando os conceitos e temas centrais que orientam a proposta. Inicialmente, discute-se o conceito de cidades inteligentes, com destaque para sua relação com a sustentabilidade e os desafios energéticos no contexto urbano. Em seguida, são analisados os indicadores de desempenho relacionados à energia presentes nas normas ABNT NBR ISO 37120, 37122 e 37123, que servem de base para a avaliação comparativa entre municípios. Por fim, examina-se o uso de ferramentas digitais, com ênfase no Power BI, como suporte à análise e visualização de dados, considerando seu potencial no apoio à tomada de decisão e à gestão pública eficiente.

2.1 Cidades Inteligentes e Sustentáveis

A crescente urbanização global coloca as cidades no centro das discussões sobre sustentabilidade e eficiência energética. Com a projeção da ONU-Habitat de que, até 2050, cerca de 68% da população mundial viverá em áreas urbanas, torna-se imprescindível repensar como a energia é gerada, distribuída e consumida nesses espaços. O desafio não é somente atender à demanda crescente, mas fazê-lo de maneira sustentável, minimizando impactos ambientais e garantindo qualidade de vida para as gerações futuras (ONU HABITAT, 2022).

Neste cenário, cidades inteligentes emergem como um modelo promissor, combinando inovação tecnológica e gestão eficiente para promover o uso sustentável dos recursos. No entanto, medir e comparar o desempenho energético desses centros urbanos exige ferramentas e indicadores padronizados, que permitam análises assertivas e embasem a formulação de políticas públicas eficazes.

O termo “cidade inteligente” (ou em inglês *smart city*) refere-se a um conceito que, embora nem sempre seja debatido de forma explícita, denota uma cidade que se fundamenta no uso amplo e generalizado de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Essas tecnologias, ao interconectar diversos domínios e sistemas urbanos, possibilitam que as cidades se tornem mais sustentáveis e ofereçam uma

melhor qualidade de vida aos seus cidadãos. A integração eficaz dessas ferramentas tecnológicas visa otimizar recursos, reduzir impactos ambientais e promover um desenvolvimento urbano mais equilibrado e inclusivo (Tachizawa, 2024).

Com a ausência de uma definição uniforme e geralmente aceita de uma cidade inteligente, diferentes correntes na definição deste conceito podem ser observadas. Inicialmente, assumiu-se que uma cidade inteligente é aquela na qual a sociedade da informação, com o auxílio da internet e infraestrutura de informação, cria um espaço de cidade virtual (Hajduk; Jelonek, 2021).

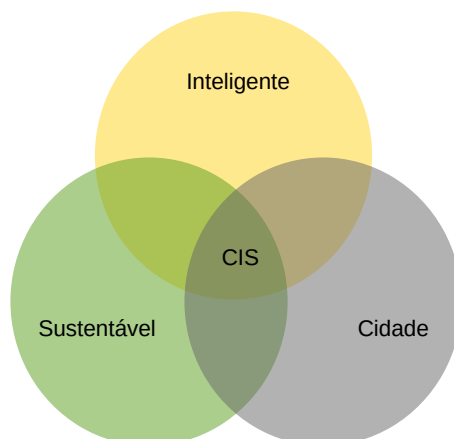
Atualmente, existem várias acepções por trás do termo, dependendo dos interesses acadêmicos e daqueles que guiam a sua aplicação em áreas urbanas. O termo *Smart City* teria surgido inicialmente nos Estados Unidos da América (EUA), no contexto empresarial de duas grandes corporações, IBM e CISCO, que visavam, através do uso de TICs, propor a digitalização das cidades como instrumento para auxiliar na correção dos seus diversos problema (Silva; Baggio, 2023). E para atribuir os níveis de inteligência de uma cidade em sistemas de métricas são utilizados indicadores (Souza, 2023).

Com relação à definição de cidade inteligente e sustentável, uma definição amplamente aceita é a proposta por Höjer e Wangel (2015), segundo os quais uma cidade inteligente e sustentável é uma cidade que atende às necessidades de seus habitantes atuais sem comprometer a capacidade de outras pessoas ou gerações futuras de atender às suas necessidades e, portanto, não excede as limitações ambientais locais ou planetárias, sendo isso apoiado pelas TICs.

Conforme ilustrado na Figura 1, cidades podem se tornar sustentáveis sem o uso de tecnologias inteligentes, e tecnologias inteligentes podem ser usadas em cidades sem contribuir para o desenvolvimento sustentável. Tecnologias inteligentes também podem ser usadas para o desenvolvimento sustentável em outros casos além das cidades. Somente quando todos esses três aspectos são combinados, quando tecnologias inteligentes são usadas para tornar as cidades mais sustentáveis, é possível falar de Cidades Inteligentes e Sustentáveis (CIS).

Existem diversos índices e rankings que fundamentam a concorrência entre cidades ou medem seu grau de inteligência e sustentabilidade, muitos dos quais têm origem em empresas de consultoria ou instituições acadêmicas, sendo frequentemente respaldados por órgãos governamentais. Entre as iniciativas mais significativas, destaca-se o *European Smart Cities* (Giffinger *et al.*, 2007), criado em 2007 pela Universidade de Tecnologia de Viena; o *Índice IESE Cities in Motion* (Costa; Bertrone; Farré, 2014), desenvolvido em 2014 pela Universidade de Navarra; e o *Ranking Connected Smart Cities* (URBAN SYSTEMS, 2024), elaborado pela empresa Urban Systems e realizado no Brasil desde 2015. Adicionalmente, o *Programa Cidades*

Figura 1 – *Relacionamento entre inteligência, sustentabilidade e cidades.*



Fonte: Adaptado de (Höjer; Wangel, 2015)..

Sustentáveis (Rede Nossa São Paulo, 2012), iniciado em 2012 por meio de parcerias público-privadas, e o *Smart City Index* (International Institute for Management Development, 2017), criado em 2017 pelo *International Institute for Management Development* (IMD) e pela Universidade de Tecnologia e Design de Singapura, aplicado pela primeira vez em 2019, também merecem destaque. Por fim, a *Plataforma Bright Cities* (Cardamone, 2018) se destaca por gerar diagnósticos e roteiros personalizados para a implementação de cidades inteligentes (Silva; Baggio, 2023).

2.2 O papel da energia na Sustentabilidade

As questões relacionadas à demanda energética e aos efeitos gerados pelos padrões de produção e consumo têm provocado reflexões cada vez mais profundas em diferentes esferas da sociedade. Empresas, instituições públicas e a própria população passaram a repensar seus processos e decisões à luz da sustentabilidade. Esse movimento considera múltiplas perspectivas — econômica, social e ambiental — e busca construir um novo modelo de desenvolvimento. Tal abordagem está alinhada com os princípios do desenvolvimento sustentável, conforme estabelecido pela *Brundtland Commission* (Beskow; Bellen, 2014).

O consumo global de energia dobrou praticamente entre 1971 e 2004, sendo esperado que cresça em torno de 50% até 2030. Esse aumento está fortemente relacionado à transição dos países em desenvolvimento de uma economia tradicional para uma base econômica cada vez mais dependente do aumento no consumo de energia (Goldemberg; Chu, 2010).

Neste cenário de crescimento, o sucesso da transição global para uma economia com baixas emissões de carbono dependerá, em grande medida, da

redução significativa do uso de combustíveis fósseis na geração de eletricidade, que atualmente contribui com cerca de um terço das emissões globais (Foster *et al.*, 2024). Além disso, o caminho para a redução das emissões em outros setores de consumo, como transporte e aquecimento, envolverá um aumento na utilização de eletricidade em automóveis e sistemas de aquecimento, destacando a importância de uma matriz elétrica limpa, com uma alta proporção de fontes renováveis, para permitir que a eletrificação do futuro reduza os níveis atuais de emissões.

A busca por fontes renováveis de energia assume uma relevância de extrema importância no contexto do desenvolvimento econômico sustentável. O que antes era considerado uma ideia utópica agora se converte em um requisito global. Além disso, é evidente que o investimento e a produção de fontes alternativas de energia desempenham um papel fundamental no progresso humano, favorecendo a criação de empregos, aprimorando a qualificação da mão de obra e impulsionando a pesquisa em novas tecnologias (Piva, 2010).

A inserção do Brasil nesse contexto internacional tem suas peculiaridades. Por conta da disponibilidade de recursos renováveis, o Brasil seguiu uma trajetória distinta e, hoje, conta com uma matriz energética limpa em relação à média mundial. O Brasil lidera o uso de energia renovável no mundo, e também é o primeiro país que iniciou a utilização e a produção de combustível através da biomassa. O país possui um imenso potencial de energia eólica, sendo o oitavo no mundo em termos de capacidade instalada. Também apostou no desenvolvimento de combustíveis alternativos, se tornando líder em biocombustíveis líquidos. Assim, para manter uma matriz limpa, se juntando ao esforço mundial de controle das taxas de emissão de CO₂, o Brasil terá que aproveitar as novas oportunidades e fazer face aos desafios relacionados à introdução das novas energias renováveis (Losekann; Hallack, 2018).

Energia e cidades estão intimamente relacionadas, sendo as cidades focos centrais de consumo energético. Com a crescente dependência das cidades modernas em relação à confiabilidade e eficiência da infraestrutura elétrica, a gestão energética se torna cada vez mais crucial, demandando cada vez mais pesquisas. Como exemplo, Tsolakis e Anthopoulos (2015) desenvolveram um modelo que revela as correlações entre a demanda e a oferta de energia e as fontes de emissões nas áreas urbanas. As principais fontes de demanda energética são as atividades econômicas locais, especialmente nos setores de serviços e indústria, e suas respectivas edificações.

A EPE disponibiliza dados comparativos sobre o consumo de energia elétrica no Brasil desde 1970. A Figura 2 retrata a evolução do consumo total de energia elétrica (em GWh) no período de 1990 a abril de 2025. Observa-se um crescimento contínuo e expressivo ao longo das décadas, passando de aproximadamente 15,3 mil GWh em 1990 para mais de 49 mil GWh em abril de 2025. A trajetória ascendente,

embora marcada por oscilações, reflete o aumento da demanda energética decorrente da expansão econômica, crescimento populacional, industrialização e urbanização.

Figura 2 – *Consumo da energia elétrica no Brasil desde 1970.*



Fonte: (EPE, 2025).

Apesar dessas flutuações conjunturais, o padrão de longo prazo é de crescimento. Esse aumento na demanda impõe desafios significativos à sustentabilidade do sistema energético brasileiro. De acordo com Zakari *et al.* (2022), o uso crescente de energia, se não acompanhado por políticas de eficiência, diversificação da matriz e investimentos em fontes limpas, pode comprometer os compromissos climáticos e os ODSs, em especial os ODS 7 (energia limpa e acessível) e ODS 13 (ação contra a mudança global do clima).

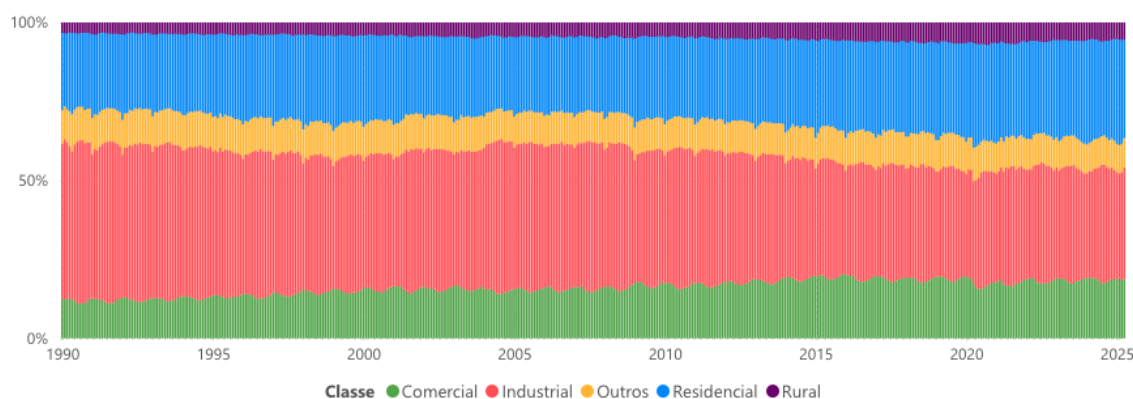
O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) visa assegurar o acesso universal, confiável, sustentável e a preços acessíveis à energia moderna. Essa meta implica transformar os sistemas energéticos globais, priorizando fontes renováveis e a eficiência energética, com atenção especial às populações vulneráveis. A promoção de infraestrutura energética moderna, investimentos em tecnologia limpa e a cooperação internacional são pilares essenciais para atingir esse objetivo. A implementação do ODS 7 está intimamente ligada à viabilização de um desenvolvimento energético sustentável, no qual a matriz energética deve ser diversificada, descarbonizada e equitativa, garantindo segurança energética e fomentando o progresso social e econômico, especialmente em contextos de transição energética justa.

O ODS 13 propõe a adoção de medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos, reconhecendo a crise climática como um dos maiores desafios globais do século XXI. Este objetivo requer esforços coordenados para mitigar as emissões de gases de efeito estufa, fortalecer a resiliência e a capacidade de adaptação aos eventos climáticos extremos e integrar medidas climáticas nas políticas nacionais. A concretização do ODS 13 exige o compromisso dos Estados em alinhar seus planos de desenvolvimento com metas climáticas ambiciosas, como

as estabelecidas no Acordo de Paris, além da mobilização de recursos financeiros e tecnológicos voltados à descarbonização das economias. Dessa forma, o ODS 13 destaca-se por sua transversalidade e urgência, orientando ações estruturais e inclusivas no enfrentamento das mudanças climáticas.

A Figura 3 ilustra a distribuição percentual do consumo de energia elétrica por classe de uso (Comercial, Industrial, Outros, Residencial e Rural) entre 1990 e 2025. Observa-se que as classes residencial e industrial predominam historicamente no consumo total de energia, embora haja uma leve redução proporcional do consumo industrial nas últimas décadas, paralela ao crescimento da participação residencial e comercial. Esse comportamento reflete mudanças estruturais associadas à urbanização, ao aumento do consumo doméstico de eletrônicos e eletrodomésticos, e à consolidação do setor de serviços, como sugerem Oliveira, Tavares e Tavares (2018).

Figura 3 – *Consumo da energia elétrica no Brasil por classe.*



Fonte: (EPE, 2025).

A partir de uma perspectiva de sustentabilidade, as transformações observadas revelam a necessidade de políticas integradas que conciliem o crescimento do consumo com eficiência energética, diversificação da matriz e ampliação das fontes renováveis. Nesse contexto, o monitoramento contínuo do perfil de consumo por classe das cidades subsidia o planejamento energético, mas também destaca o papel estratégico da energia na promoção de cidades mais sustentáveis e socialmente inclusivas.

2.3 Indicadores de sustentabilidade relacionados a energia

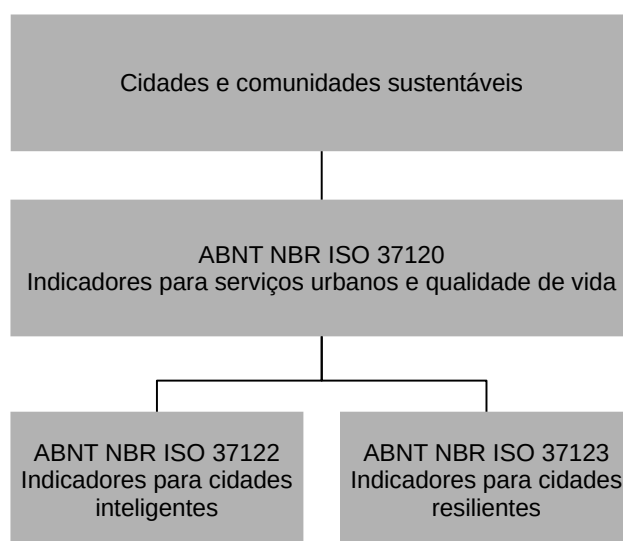
A seleção de indicadores na gestão pública deve considerar uma série de características, alinhadas aos objetivos pretendidos. É fundamental que esses

indicadores sejam precisos e confiáveis, além de disponibilizados regularmente, permitindo comparações temporais e territoriais.

A mensuração adequada da sustentabilidade urbana exige a utilização de indicadores padronizados, capazes de refletir com precisão as múltiplas dimensões do desenvolvimento sustentável. A adoção de indicadores estruturados permite não somente o diagnóstico de realidades locais, mas também a comparação entre diferentes municípios ou regiões, subsidiando a formulação de políticas públicas mais eficazes (Martins; Cândido, 2015). Além disso, indicadores bem definidos favorecem a transparência na gestão pública, o engajamento social e o monitoramento contínuo de metas vinculadas a agendas globais, como os ODSs (Almeida *et al.*, 2018).

Nesse contexto, destacam-se as normas da família ISO 37100, em especial a ABNT NBR ISO 37120:2021 (ABNT, 2021a), que define indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida; a ABNT NBR ISO 37122:2020 (ABNT, 2020), voltada para indicadores de desempenho em cidades inteligentes; e a ABNT NBR ISO 37123:2021 (ABNT, 2021b), focada em cidades resilientes. Na Figura 4 tem-se a representação hierárquica destas normas.

Figura 4 – *Integração das normas ABNT NBR ISO para cidades inteligentes e sustentáveis.*



Fonte: Adaptado de (ABNT, 2020).

Essas normas oferecem um conjunto harmonizado de métricas internacionalmente reconhecidas, permitindo às administrações públicas avaliar de forma sistêmica aspectos como mobilidade, energia, gestão de resíduos, tecnologia, infraestrutura e resposta a desastres. Sua aplicação contribui para alinhar os processos locais de planejamento urbano com padrões globais de sustentabilidade, fortalecendo a governança baseada em evidências e a capacidade de adaptação das cidades frente aos desafios contemporâneos.

A temática energética é tratada de forma integrada nas normas ISO voltadas à sustentabilidade urbana, evidenciando sua relevância como elemento central na promoção de cidades sustentáveis. A ABNT NBR ISO 37120 contempla indicadores quantitativos que possibilitam a mensuração do desempenho energético em articulação com a qualidade de vida e a eficiência dos serviços urbanos. Este trabalho concentra-se especificamente na Seção 7 – Energia da referida norma.

A ABNT NBR ISO 37122 amplia essa perspectiva ao considerar elementos característicos de cidades inteligentes, estimulando o uso de tecnologias para uma gestão mais eficiente e sustentável da energia. Já a ABNT NBR ISO 37123 trata a energia como elemento crítico para a resiliência urbana, propondo indicadores relacionados à capacidade de manter o fornecimento energético diante de eventos extremos ou crises sistêmicas.

Com relação ao aspecto energético indicador N° 07 da norma, a ABNT NBR ISO 37120 apresenta os indicadores apresentados na Tabela 1. Os indicadores apresentados permitem uma avaliação ampla do desempenho energético urbana, com foco tanto na eficiência quanto na equidade do fornecimento.

Já para a ABNT NBR ISO 37122 os indicadores energéticos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – *Indicadores de energia da ABNT NBR ISO 37120*

Indicador	Descrição	Unidade
Consumo final total de energia per capita	Calculado como o consumo final total de energia por uma cidade (numerador) dividido pela população total da cidade (denominador)	GJ/ano
Porcentagem da energia total final proveniente de fontes renováveis	Calculado como o consumo total de energia produzida a partir de fontes renováveis (numerador), dividido pelo consumo total de energia (denominador). O resultado deve então ser multiplicado por 100	%
Porcentagem de habitantes da cidade com fornecimento regular de energia elétrica (residencial)	Calculado pelo número de habitantes na cidade com ligação regular à rede de distribuição (numerador) dividido pelo número total de habitantes da cidade (denominador). O resultado deve então ser multiplicado por 100	%
Número de conexões de serviço de distribuição de gás por 100 000 habitantes (residencial)	Calculado como o número de pessoas na cidade com conexões de serviço de distribuição de gás (numerador) dividido pela 100.000 ^a parte da população total da cidade (denominador)	Adimensional
Consumo final de energia de edifícios públicos	Calculado como consumo total final de energia elétrica em edifícios públicos da cidade (numerador) dividido pela área total destes edifícios (denominador)	GJ/m ² /ano
Consumo de energia elétrica da iluminação de vias públicas	Calculado como o consumo total de energia elétrica da iluminação de vias públicas (numerador) dividido pela distância total das vias públicas onde a iluminação está presente (denominador)	kWh/km/ano
Duração média de interrupção do fornecimento de energia elétrica	Calculado pela somatória total das horas de interrupção multiplicada pelo número de domicílios impactados (numerador) dividida pelo número total de domicílios (denominador)	h/dom./ano

Fonte: (ABNT, 2021a).

Tabela 2 – *Indicadores de energia da ABNT NBR ISO 37122*

Indicador	Descrição	Unidade
Porcentagem de energia elétrica e térmica produzida a partir do tratamento de águas residuais, resíduos sólidos e outros processos de tratamento de resíduos líquidos e outros recursos de calor residual	Calculado como a quantidade total de energia elétrica e térmica, produzida a partir do tratamento de águas residuais, resíduos sólidos e outros tratamentos de resíduos líquidos e outros recursos de calor residual (numerador), dividido pela demanda total de energia de uso final da cidade. O resultado deve ser então multiplicado por 100	%
Energia elétrica e térmica per capita produzida a partir do tratamento de águas residuais	Calculado como a quantidade total de energia elétrica e térmica produzida a partir do tratamento de águas residuais no município (numerador), dividido pela população total da cidade (denominador)	GJ/ano
Energia elétrica e térmica produzida a partir de resíduos sólidos ou outros processos de tratamento de resíduos líquidos per capita	Calculado como a quantidade total de energia elétrica e térmica produzida a partir de resíduos sólidos e outros resíduos líquidos no município (numerador), dividida pela população total da cidade (denominador)	GJ/ano
Energia elétrica consumida na cidade produzida por meio de sistemas descentralizados de geração energética	Calculado como a quantidade de energia elétrica produzida por meio de sistemas/instalações descentralizados de geração energética, dividida pela quantidade total de energia consumida na cidade (denominador). O resultado deve ser multiplicado por 100	%

Tabela 2 – Continuação

Indicador	Descrição	Unidade
Capacidade de armazenamento da rede de energia	Calculado como a quantidade total de energia que pode ser armazenada anualmente na rede elétrica da cidade e em redes térmicas (esquemas de aquecimento e resfriamento urbano) (numerador), dividida pelo consumo total de energia da cidade (denominador)	Adimensional
Pontos de iluminação pública gerenciados por sistema de telegestão	Calculado como o número de pontos de iluminação pública que podem ser controlados por um sistema de telegestão (numerador), dividido pelo número total de pontos iluminação pública na cidade (denominador). Os resultados devem ser então multiplicados por 100)	%
Pontos de iluminação pública que tenham sido remodelados e recém-instalados	Calculado como o número de pontos de iluminação remodelados e recém-instalados (numerador) ao longo do ano, dividido pelo número total de pontos de iluminação (denominador). O resultado deve ser então multiplicado por 100	%
Edifícios na cidade com medidores inteligentes de energia	Calculado como o número de edifícios na cidade com medidores inteligentes de energia (numerador), dividido pelo número total de edifícios na cidade (denominador). O resultado deve ser então multiplicado por 100	%
Estações de carregamento de veículos elétricos por veículo elétrico registrado	Calculado como o número total de estações de carregamento de veículos elétricos na cidade (numerador), dividido pelo número total de veículos elétricos registrados na cidade (denominador)	Adimensional

Fonte: (ABNT, 2020).

Por fim, a ABNT NBR ISO 37123 propõe os indicadores energéticos apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – *Indicadores de energia da ABNT NBR ISO 37123*

Indicador	Descrição	Unidade
Fontes de energia elétrica que fornecem pelo menos 5% da capacidade total de fornecimento de energia	Calculado como o número de fontes de fornecimento de energia diferentes, ou separadas, para a cidade, cada qual fornecendo pelo menos 5% da capacidade total de fornecimento de energia	Adimensional
Capacidade de fornecimento de energia elétrica como porcentagem da demanda de pico de energia elétrica	Calculado como a capacidade de fornecimento de energia elétrica disponível para a cidade (numerador) dividida pela média mensal das demandas de pico de energia elétrica da cidade ao longo do ano (denominador). O resultado deve ser multiplicado por 100	%
Instalações críticas atendidas por serviços de energia fora da rede	Calculado como o número de instalações críticas atendidas por serviços de energia fora da rede (numerador) dividido pelo número total de instalações críticas na cidade (denominador). O resultado deve ser multiplicado por 100	%

Fonte: (ABNT, 2021b).

As normas descritas têm como característica fundamental a neutralidade em relação a metas quantitativas. Em vez de impor valores de referência ou objetivos específicos, essas normas se concentram em padronizar como os dados devem ser coletados, calculados e reportados. Essa abordagem evita juízos de valor sobre o desempenho das cidades e respeita as distintas realidades socioeconômicas, geográficas e culturais dos municípios.

Também é relevante destacar que as três normas são regulamentadas pelo *World Council on City Data*, uma instituição vinculada à ONU, sendo diretamente alinhadas aos ODSs.

A cidade de São José dos Campos, localizada no estado de São Paulo, tem se destacado no cenário nacional e internacional por sua gestão urbana orientada por dados e por seu compromisso com a sustentabilidade, a inovação e a resiliência. Em reconhecimento a esses esforços, o município foi certificado, nos anos de 2022 e 2023, conforme os requisitos estabelecidos pelas normas internacionais da Associação

Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) baseadas nas ISO 37120, ISO 37122 e ISO 37123, que tratam, respectivamente, de indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida, cidades inteligentes e comunidades resilientes. Como resultado, São José dos Campos recebeu os selos de Cidade Inteligente na categoria Ouro, Cidade Sustentável na categoria Platina e Cidade Resiliente também na categoria Platina, esta última representando o mais alto nível de avaliação disponível.

Para contextualizar o desempenho histórico do município, apresenta-se a seguir a Figura 5 com dados obtidos por meio da plataforma Bright Cities, relativos ao ano de 2018. Embora os dados sejam anteriores às certificações referidas, eles oferecem um panorama representativo da estrutura urbana e socioeconômica da cidade, evidenciando aspectos essenciais da sua trajetória rumo à consolidação como referência nacional em desenvolvimento urbano sustentável.

A Figura 5 apresenta um conjunto de informações relevantes sobre São José dos Campos no ano de 2018, refletindo uma cidade com capacidade administrativa, equilíbrio étário e indicadores econômicos compatíveis com padrões urbanos de alto desempenho, aspectos fundamentais para a obtenção das certificações ISO em anos posteriores.

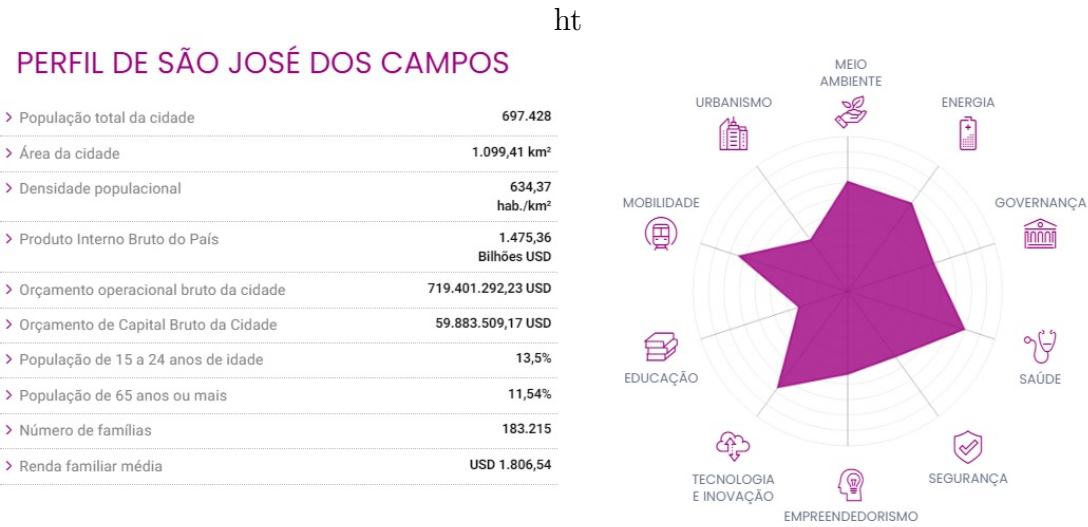
Como mostra a Figura 5, entre os projetos implementados que contribuíram para essa certificação estão o novo Centro de Segurança e Inteligência (CSI) que conta com mais de 1.186 câmeras com inteligência, 321 pontos de wi-fi gratuito em locais públicos e a modernização de 2.103 salas de aula. Outras iniciativas, como a instalação de mais de 78 mil lâmpadas LED, o uso de um carro guardião, semáforos inteligentes e sistemas de energia renovável, como usinas fotovoltaicas e geradoras de biogás, também foram fundamentais para atender aos requisitos dos indicadores, sendo assim referência para as demais cidades do país (Souza, 2023).

2.4 Ferramentas de apoio para análise de indicadores

Indicadores são utilizados para monitorar sistemas complexos, servindo como sinais de eventos e fornecendo informações que refletem as características ou o estado do sistema. Eles podem representar uma variável específica ou uma função de múltiplas variáveis, permitindo uma compreensão mais abrangente do que está ocorrendo (VAN BELLEN, 2005). No contexto da gestão urbana e institucional, indicadores são essenciais para diagnosticar situações, acompanhar tendências e embasar a definição de prioridades.

A característica mais significativa de um indicador, quando comparada a

Figura 5 – São José dos Campos na plataforma *Bright Cities*



Fonte: (Cardamone, 2018).

outras formas de informação, reside em sua relevância para a formulação de políticas e para o processo de tomada de decisão. Para um indicador ser representativo, deve ser considerado importante tanto pelos tomadores de decisão quanto pelos diversos agentes envolvidos no processo (Krama, 2008). Nesse cenário, as ferramentas de *Business Intelligence* (BI) desempenham um papel estratégico, ao permitirem consolidar, analisar e visualizar dados de forma interativa e acessível.

2.4.1 *Business Intelligence*

Business Intelligence (BI, ou Inteligência Empresarial), é um termo utilizado para funções em um cenário onde é possível trabalhar com coleta, tratamento e análise de dados para tomada de decisões e planejamento estratégico. O BI tal como é conhecido atualmente emergiu nos anos 90 quando a indústria de software passou a adotar a renomeação dos sistemas de suporte à decisão, ao determinar que o BI se refere a sistemas habilitados para computadores, que suportam as tomadas de decisão de negócios e solucionam problemas (Baars; Kemper, 2008).

O Power BI (Microsoft Corporation, 2025), ferramenta desenvolvida pela Microsoft, destaca-se como uma das principais plataformas utilizadas para análise e visualização de dados em BI. Sua estrutura permite integrar diversas fontes de informação, possibilitando a coleta, o tratamento e a modelagem de dados eficientemente. Com isso, possibilita-se representar informações de maneira clara e acessível, apoiando a elaboração de diagnósticos e estratégias com base em evidências concretas (Diniz *et al.*, 2024).

O Power BI transforma dados em visualizações interativas, facilitando a análise de Indicadores-Chave de Desempenho e apoiando a tomada de decisões. Conforme o site oficial da Microsoft, o Power BI é uma coleção de serviços de software, aplicativos e conectores que transformam fontes de dados díspares em informações visualmente atraentes e envolventes para o usuário. Os dados podem ser importados de uma planilha do Excel ou de um *data warehouse* híbrido local, ou baseado em nuvem. Com o Power BI, é possível conectar facilmente fontes de dados, visualizar e descobrir informações relevantes e compartilhá-las com outros usuários (Diniz *et al.*, 2024).

Os dados utilizados no Power BI podem ser provenientes de múltiplas origens, incluindo armazém de dados, que é um sistema de armazenamento e gerenciamento de dados centralizado, projetado para suportar a análise e a tomada de decisões e soluções baseadas em nuvem. A plataforma oferece ampla compatibilidade com diferentes formatos de armazenamento, como planilhas do Microsoft Excel, bancos de dados e sistemas de gestão.

O Power BI integra funcionalidades de diversas ferramentas anteriormente oferecidas pela Microsoft, como o Excel, Power Query, Power Pivot e Power View, reunindo-as em um ambiente unificado. Essa consolidação visa proporcionar uma solução analítica robusta, que centraliza os recursos anteriormente distribuídos entre diferentes aplicações, otimizando a análise e a visualização de dados em uma única interface. A Figura 6 apresenta uma das tela na ferramenta Power BI.

Figura 6 – Power BI desktop



Fonte: Elaborado pela autora.

Para a elaboração dos cálculos e indicadores analíticos apresentados posteri-

ormente neste trabalho, emprega-se a principal linguagem de programação utilizada no Power BI: o *Data Analysis Expressions* (DAX). Essa linguagem incorpora funções, operadores e valores que possibilitam a execução de cálculos complexos e a formulação de consultas sobre tabelas e colunas em modelos tabulares de dados.

A aplicação do DAX ocorre por meio da criação de medidas e colunas calculadas, permitindo a realização de análises específicas. Sua lógica se assemelha ao uso de fórmulas no Microsoft Excel, embora ofereça maior capacidade para manipulação e modelagem de dados em ambientes analíticos mais avançados.

Metodologia

A metodologia desenvolvida neste trabalho parte da articulação entre dados estatísticos oficiais, ferramentas computacionais de análise e interpretação crítica dos resultados com base nos objetivos da ABNT NBR ISO 37120. A seleção dos indicadores energéticos seguiu estritamente os critérios definidos pela norma, sendo considerados tanto os indicadores essenciais quanto os de suporte relacionados ao setor energético.

O estado de Goiás, localizado na região Centro-Oeste do Brasil, foi escolhido para este estudo devido às suas características geográficas e demográficas abrangentes em diversos parâmetros. Com uma área de 340.242 km², Goiás é o sétimo maior estado brasileiro em extensão territorial, destacando-se por sua posição geográfica estratégica. Faz fronteira ao norte com o Tocantins, ao sul com Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, a leste com a Bahia e Minas Gerais, e a oeste com Mato Grosso, o que lhe confere um acesso diversificado a diferentes regiões do país (IBGE, 2025).

Com uma população de mais de 7 milhões de habitantes, distribuídos em 246 municípios, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022, Goiás apresenta um rico mosaico social e econômico. A escolha do estado de Goiás como objeto de estudo é relevante para entender o potencial energético neste estado específico, e também serve como um modelo para avaliar a viabilidade e os impactos de tais investimentos em outras regiões do Brasil com características semelhantes.

3.1 Etapas de desenvolvimento

O desenvolvimento da pesquisa foi estruturado em seis etapas principais, conforme ilustrado na Figura 7: identificação e extração das fontes de dados, seleção dos indicadores, tratamento e padronização dos dados, cálculo dos indicadores por município e por ano, análise estatística e espacial dos resultados e interpretação dos padrões.

Figura 7 – *Etapas da metodologia*

Fonte: Elaborado pela autora.

O objetivo inicial deste trabalho era realizar uma análise considerando as normas ABNT NBR ISO 37120, 37122 e 37123. No entanto, a limitação na disponibilidade e acessibilidade dos dados necessários para a aplicação integral dos indicadores previstos em todas as normas mencionadas restringiu o escopo da pesquisa. Dessa forma, optou-se por concentrar a análise em seis indicadores da ABNT NBR ISO 37120, para os quais foi possível obter dados consistentes e comparáveis. A seguir, são apresentadas as etapas de desenvolvimento da pesquisa.

3.1.1 Coleta de Dados

A coleta de dados envolveu a extração de informações quantitativas junto a fonte oficiais, sendo elas:

- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL): dados sobre capacidade instalada e geração de energia por tipo de fonte;
- Equatorial Energia¹: informações sobre consumo de energia elétrica, discriminadas por categoria de consumo e por município;
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): dados populacionais e sociodemográficos, incluindo número de habitantes e domicílios;
- Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS): indicadores sobre a operação e confiabilidade do sistema de distribuição de energia;
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE): estimativas de capacidade e produtividade energética, sobretudo para fontes renováveis;
- Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos: dados sobre patrimônio público e edificações governamentais no âmbito federal.

¹Os dados foram cedidos pela Secretaria Geral de Governo de Goiás.

- Governo de Goiás: dados sobre patrimônio público e edificações governamentais no âmbito estadual.

Complementarmente, foi utilizada a base de dados geoespaciais do *OpenStreetMap* (OpenStreetMap contributors, 2024), uma plataforma colaborativa de código aberto amplamente reconhecida por sua capacidade de mapeamento detalhado e confiável, com o objetivo de estimar a extensão viária dos municípios analisados. Essa variável é essencial para o cálculo do indicador de consumo de energia destinado à iluminação pública, conforme estabelecido pela norma ABNT NBR ISO 37120.

Cabe citar também que, no caso de alguns municípios goianos atendidos pela Companhia Hidrelétrica de São Patrício (CHESP), não foi possível obter os dados consolidados de consumo de energia elétrica. A CHESP é uma concessionária de energia que atua regionalmente no estado de Goiás, e, diferentemente das grandes distribuidoras integradas ao sistema de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ainda não disponibiliza de forma padronizada e pública os dados setoriais necessários para o cálculo de todos os indicadores energéticos contemplados nesta pesquisa. Em razão dessa limitação, determinados indicadores não puderam ser computados para os municípios sob a cobertura da referida companhia, o que foi devidamente sinalizado ao longo da análise comparativa. Esta situação evidencia a importância da transparência e da padronização na publicação de dados energéticos, especialmente para estudos alinhados a normativas técnicas como as estabelecidas pela ISO.

3.1.2 Processamento e Tratamento dos Dados

Após a etapa de coleta, os dados foram organizados e submetidos a um processo de tratamento com o objetivo de garantir a padronização, consistência e adequação ao escopo metodológico da pesquisa. Inicialmente, foi realizada a uniformização das unidades de medida, de modo a compatibilizar diferentes fontes de informação, assegurando a comparabilidade entre os municípios analisados. Nesse contexto, dados de consumo energético originalmente expressos em Megawatt-hora (MWh) foram convertidos para Gigajoule (GJ), em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO 37120, considerando a equivalência de $1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$.

Em seguida, efetuou-se a verificação da integridade dos dados, identificando e tratando eventuais inconsistências, como valores nulos, ausências parciais, duplicações e variações atípicas. Foram aplicados procedimentos de validação cruzada entre bases distintas para assegurar a confiabilidade das informações. Também foi realizada a estruturação das variáveis em formato de séries temporais anuais, contem-

plando o período de 2019 a 2023, o que permitiu a análise evolutiva dos indicadores energéticos ao longo do tempo. Para isso, cada conjunto de dados foi organizado em planilhas estruturadas, respeitando a segmentação por município, por tipo de indicador e por ano de referência.

Além disso, foram criados campos calculados para obtenção dos indicadores normativos, com base nas equações e definições estabelecidas pelas normas técnicas. Um exemplo disso é o indicador de consumo per capita de energia, obtido por meio da razão entre o consumo total municipal de energia e a respectiva população no mesmo período.

Para assegurar que os resultados das análises não fossem comprometidos por inconsistências identificadas nas bases, foram adotadas estratégias de tratamento de dados que incluíram a exclusão ou correção de registros com valores nulos em campos críticos, a remoção de duplicatas e a substituição de valores inválidos por dados estimados com base em médias ou padrões históricos, quando pertinente. Adicionalmente, as análises estatísticas e comparativas foram conduzidas com filtros que garantiram a inclusão somente de registros consistentes, e os impactos das correções foram documentados para garantir a transparência do processo. Com isso, foi possível preservar a integridade dos resultados e assegurar a confiabilidade das conclusões extraídas a partir das bases.

3.1.3 Cálculo dos indicadores

O objetivo inicial do trabalho envolvia a análise dos indicadores estabelecidos pelas normas ABNT NBR ISO 37120, 37122 e 37123. Contudo, não foram obtidos dados suficientes, de forma que o estudo ficou limitado à ABNT NBR ISO 37120. Pelo mesmo motivo, foram analisados somente seis dos sete indicadores estabelecidos pela norma (apresentados na Tabela 1), a saber:

- Consumo final total de energia per capita.
- Porcentagem da energia total final proveniente de fontes renováveis.
- Porcentagem de habitantes da cidade com fornecimento regular de energia elétrica (residencial).
- Consumo final de energia de edifícios públicos.
- Consumo de energia elétrica da iluminação de vias públicas.
- Duração média de interrupção do fornecimento de energia elétrica.

Apesar das limitações enfrentadas, a pesquisa não foi inviabilizada uma vez que os dados disponíveis permitiram uma investigação consistente e representativa das condições de consumo e fornecimento de energia no contexto analisado, forne-

cendo subsídios relevantes para reflexões sobre sustentabilidade e gestão energética alinhadas aos princípios das cidades inteligentes.

O indicador “Consumo final total de energia per capita (GJ/ano)” foi calculado a partir da razão entre o consumo total de energia elétrica e a população projetada de cada município goiano para os anos de 2019 a 2023. O consumo total foi calculado somando os valores de consumo por município e por ano (em kWh), que posteriormente foram convertidos para gigajoules ($1 \text{ kWh} = 0,0036 \text{ GJ}$). A população, por sua vez, foi estimada com base nos dados do IBGE de 2022 e na aplicação de uma taxa geométrica de crescimento para os demais anos. Após a harmonização dos dados de consumo e população — realizada por meio de fusão dos dois conjuntos com base em município e ano —, obteve-se o consumo per capita dividindo-se o total de energia consumida pela população correspondente.

O indicador “Porcentagem da energia total final proveniente de fontes renováveis” foi calculado a partir da razão entre a energia gerada por fontes renováveis e o total de energia gerada (renovável + não renovável) em cada município do estado de Goiás, no período de 2019 a 2023. O cálculo contemplou tanto a geração centralizada quanto a geração distribuída, com a energia atribuída a cada município estimada com base na potência instalada, na fonte de geração e no ano de início da operação de cada sistema. As fontes de energia foram classificadas em renováveis (como solar, eólica, hidráulica, biogás e resíduos orgânicos) e não renováveis (como gás natural e óleo diesel). Após a soma das quantidades geradas por tipo de fonte, obteve-se a energia total por município e ano. Em seguida, calculou-se a porcentagem de energia renovável dividindo-se a quantidade de energia renovável pela energia total e multiplicando-se por 100, descartando os casos em que ambas as quantidades eram nulas (por indisponibilidade dos dados).

O indicador “Porcentagem de habitantes da cidade com fornecimento regular de energia elétrica (residencial)” foi calculado com base na relação entre o número de UCs residenciais e o total estimado de domicílios em cada município goiano, no período de 2019 a 2023. O número de Unidade Consumidora (UC) foi obtido a partir dos dados de consumo energético, considerando as classes residenciais, residencial baixa renda e rural. Esses dados foram agregados mensalmente para cada município, permitindo o cálculo da média anual de UCs. Por outro lado, o número de domicílios foi estimado com base nos dados do Censo de 2022, disponibilizados pelo IBGE, e projetado para os demais anos utilizando uma taxa geométrica de crescimento. Com esses dois conjuntos de dados, calculou-se a porcentagem de acesso à energia elétrica dividindo-se o número médio anual de UCs residenciais pelo total estimado de domicílios e multiplicando o resultado por 100. Para garantir consistência, o valor foi limitado a um máximo de 100%, refletindo situações em que o número de UCs

se aproxima ou supera a estimativa de domicílios.

O indicador “Consumo de energia em edifícios públicos por unidade de área” foi calculado a partir da razão entre o consumo total de energia e a área construída dos imóveis públicos em cada município goiano, no período de 2019 a 2023. A área total foi estimada a partir de três bases de dados distintas, que incluem informações cadastrais de imóveis da União e patrimônios imobiliários estaduais, com tratamento prévio para eliminar duplicidades, valores inconsistentes e padronizar os nomes dos municípios. A cada imóvel foi atribuída uma área de ocupação anual com base na data de aquisição ou cadastro, sendo replicada para todos os anos subsequentes até 2023. Paralelamente, o consumo de energia elétrica foi obtido a partir das UCs identificadas como pertencentes a órgãos públicos, somando-se os valores por município e ano. O consumo médio por metro quadrado foi então calculado como a divisão entre o consumo anual total e a área total ocupada.

O indicador “Consumo de energia elétrica em vias públicas por quilômetro” foi desenvolvido visando mensurar a eficiência energética da iluminação pública nos municípios de Goiás entre os anos de 2019 e 2023. A metodologia consistiu na divisão do consumo total de energia elétrica classificado como “iluminação pública” pelo total de extensão viária de cada município, estimada por meio de dados extraídos da OpenStreetMap com o uso da biblioteca OSMnx. Para garantir a consistência das informações, os nomes dos municípios foram padronizados e cruzados com listas oficiais do estado. O consumo energético foi obtido a partir de bases que registram as UCs por classe de consumo, somando-se os valores por ano e município. Nos casos em que não houve registro de consumo (por indisponibilidade de dados), considerou-se valor nulo.

O indicador “Interrupções de energia por domicílio” foi desenvolvido para estimar o impacto médio das interrupções no fornecimento de energia elétrica sobre os domicílios dos municípios goianos entre os anos de 2019 e 2023. A metodologia adotada considera tanto a duração total das interrupções, quanto a quantidade de UCs residenciais afetadas, permitindo calcular o número de horas equivalentes de falta de energia por domicílio ao longo do ano. Os dados foram obtidos de relatórios anuais da distribuidora, contendo registros de início e fim das interrupções, que foram convertidos para horas. Posteriormente, as informações foram agregadas por município e ano, sendo cruzadas com dados de UCs residenciais médias por município no mesmo período. Nos casos em que não havia registros de interrupções ou número de UCs residenciais (por indisponibilidade de dados), foi adotado o valor zero.

Por fim, a pontuação total de cada cidade foi calculada por meio de uma metodologia de normalização e agregação dos indicadores. A metodologia aplicou uma abordagem de normalização Min-Max, transformando cada indicador para uma

escala de 0 a 100 pontos, divididos igualmente entre os seis componentes (16,67 pontos máximos por indicador). Para indicadores onde valores maiores representam melhor desempenho (consumo per capita, energia renovável e acesso à energia), os valores foram diretamente normalizados. Para indicadores onde valores menores indicam melhor desempenho (consumo de vias públicas, interrupções por domicílio e consumo de edifícios públicos), aplicou-se uma transformação inversa através da subtração do valor normalizado do valor máximo possível.

O tratamento de valores ausentes foi realizado através da exclusão destes dados do processo de normalização, sendo posteriormente substituídos por zero na composição final da pontuação. A pontuação final foi obtida pela soma simples dos seis indicadores normalizados, resultando em um valor composto que varia teoricamente de 0 a 100 pontos, refletindo o desempenho energético municipal conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 37120.

3.1.4 Implementação do *dashboard*

A construção do *dashboard* seguiu uma abordagem modular e orientada pelos indicadores descritos na seção anterior, visando promover uma análise ampla da situação energética dos municípios goianos entre 2019 e 2023. A metodologia foi estruturada em duas etapas principais: modelagem dos dados e desenvolvimento visual da interface.

A escolha do Power BI como ferramenta de desenvolvimento do *dashboard* deve-se à sua capacidade de integração com múltiplas fontes de dados, flexibilidade na criação de painéis interativos e ampla aceitação institucional. O Power BI permite a aplicação de filtros dinâmicos, construção de mapas temáticos e painéis comparativos, funcionalidades fundamentais para representar a diversidade de indicadores energéticos em diferentes escalas de análise. Além disso, sua interface amigável favorece a acessibilidade da informação por parte de gestores públicos, técnicos e formuladores de políticas.

A estrutura do *dashboard* foi dividida em três seções complementares. A primeira apresenta uma visão geográfica e comparativa dos municípios, por meio de mapas e rankings. A segunda seção da ferramenta permite a análise individualizada dos principais indicadores energéticos de cada município, incorporando filtros temporais e variáveis demográficas, o que amplia a capacidade de comparação entre diferentes contextos. Já a terceira seção aprofunda a avaliação por meio de indicadores complementares voltados à eficiência energética na gestão pública, permitindo identificar padrões e oportunidades de melhoria nas políticas locais. Essa estrutura metodológica proporciona uma leitura abrangente e detalhada da realidade energética municipal, contribuindo para o monitoramento contínuo do desempenho urbano.

Além disso, apoia a formulação de estratégias alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial ao ODS 7, que visa assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos, e ao ODS 11, cujo propósito é tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, reforçando a importância de políticas públicas integradas e orientadas por dados.

Apresentação dos indicadores

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da análise dos indicadores energéticos dos municípios do estado de Goiás, com base nas diretrizes da norma ABNT NBR ISO 37120 entre os anos de 2019 e 2023. Os resultados revelam padrões, desafios e boas práticas na gestão da energia, contribuindo com subsídios para a elaboração de políticas públicas e estratégias de transição energética no contexto goiano.

Ao longo do capítulo, são destacadas tendências, disparidades regionais e oportunidades de melhoria. O objetivo deste capítulo é apresentar uma discussão geral dos resultados, sendo que o detalhamento destes pode ser analisado através do *dashboard*, cuja implementação é discutida no próximo capítulo.

4.1 Qualidade dos dados

Com relação à qualidade dos dados obtidos foram identificados diversos problemas que precisaram ser tratado para não comprometerem a confiabilidade das análises.

Na base de consumo de energia, fornecida pela Equatorial Goiás, destacam-se inconsistências em campos como classe de consumo e opção de compra, que apresentaram valores nulos. Os dados de 2019 concentram a maioria dessas anomalias, afetando diversas classes e municípios. Apesar de não terem sido encontrados registros duplicados ou com tipos de dados incorretos, essas anomalias indicam falhas na coleta ou consolidação dos dados.

Já na base de geração distribuída da ANEEL, embora os empreendimentos em Goiás apresentem menos problemas do que a base nacional, ainda foram observadas falhas relevantes, como a presença de valores nulos em campos importantes, valores inválidos em identificadores de pessoa (CPF/CNPJ) e erros em campos de código, como sigla do tipo de consumidor e sigla da modalidade do empreendimento, quando considerada a base completa. Também foi identificado que um município

goiano (Bom Jesus de Goiás) não aparece na base, o que pode indicar ausência de geração ou falha na inserção.

Na base de geração centralizada da ANEEL foram encontrados valores nulos em campos essenciais como datas de vigência da outorga e descrição da sub-bacia hidrográfica, além de inconsistências pontuais nos tipos de dados e nas datas registradas. Embora os dados sobre potência outorgada não apresentem inconsistências numéricas, a ausência de informações geográficas e legais reduz a utilidade da base para análises territoriais e regulatórias.

Para assegurar que os resultados das análises não fossem comprometidos pelas inconsistências identificadas, foram adotadas as estratégias descritas na metodologia.

4.2 Indicadores da ABNT NBR ISO 37120

Nesta seção, são apresentados os resultados dos indicadores energéticos estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO 37120, que define um conjunto de métricas padronizadas para avaliar o desempenho e a sustentabilidade dos serviços urbanos.

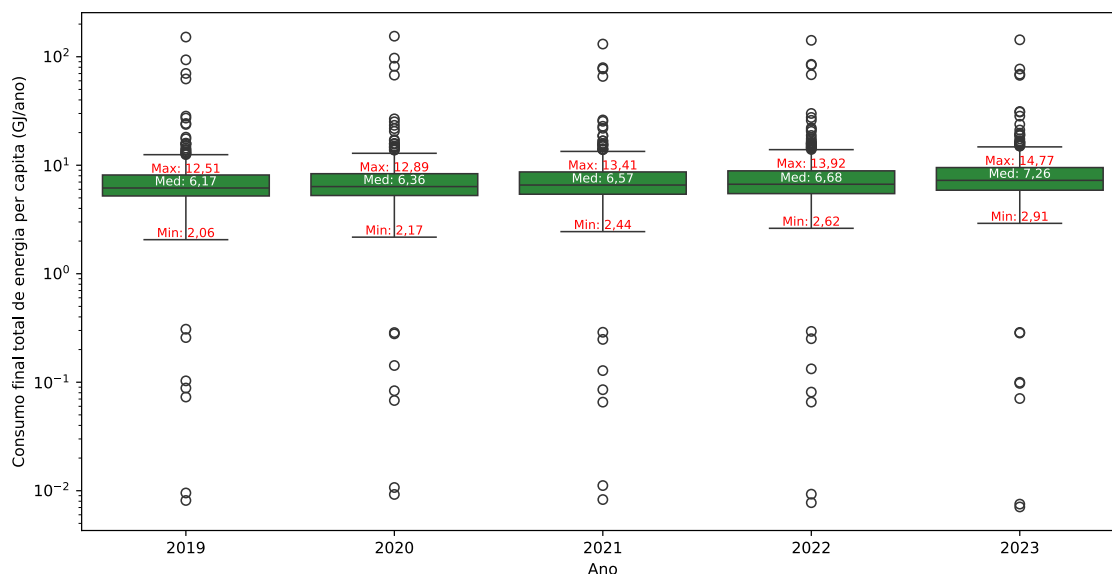
Os resultados dos indicadores são demonstrados utilizando gráficos de caixa (*boxplots*), uma ferramenta estatística eficaz para visualizar a distribuição dos dados. Esses gráficos evidenciam elementos como a mediana, os quartis e a presença de valores atípicos (*outliers*). A caixa representa o Intervalo Interquartil (IQR), compreendido entre o primeiro quartil (Q1), abaixo do qual se encontram 25% dos dados, e o terceiro quartil (Q3), abaixo do qual estão 75% dos valores. A largura da caixa indica a dispersão dos dados nesse intervalo, enquanto a linha interna assinala a mediana (Q2), valor que divide a amostra ao meio.

As extremidades do gráfico, conhecidas como “bigodes”, representam os limites dos dados que não são considerados atípicos, estendendo-se até os menores e maiores valores dentro de 1,5 vezes o IQR. Pontos fora dessa faixa são identificados como *outliers*, ou seja, valores significativamente distantes da distribuição central dos dados.

4.2.1 Consumo final total de energia per capita (GJ/ano)

A Figura 8 apresenta a evolução do consumo final total de energia per capita (em GJ/ano) entre os anos de 2019 e 2023. Os dados revelam uma tendência de crescimento contínuo ao longo do período analisado, tanto nos valores mínimos quanto máximos e na mediana.

Figura 8 – *Consumo per capita de Goiás de 2019 a 2023 (GJ/ano)*



Fonte: Elaborado pela autora.

Em 2019, o consumo variava de 2,06 a 12,51 GJ/ano, com mediana de 6,17. Já em 2023, esses valores passaram a variar de 2,91 a 14,77 GJ/ano, com mediana de 7,26. Observa-se, portanto, um aumento de aproximadamente 18% na mediana em cinco anos, indicando que, de forma geral, houve um crescimento na demanda energética por habitante. Esse comportamento pode estar relacionado a múltiplos fatores, como aumento da atividade econômica, expansão da infraestrutura, mudanças nos padrões de consumo e maior acesso a serviços que demandam energia.

Além disso, o aumento tanto do mínimo quanto do máximo sugere que o crescimento foi relativamente distribuído, embora a amplitude também tenha se expandido (indicando possível aumento na desigualdade do consumo entre diferentes regiões ou grupos populacionais). A análise desse tipo de dado é fundamental para subsidiar políticas públicas voltadas à eficiência energética, à justiça energética e ao planejamento sustentável da matriz elétrica.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os municípios com os maiores e menores consumos de energia per capita (em GJ/ano) no estado de Goiás, no período de 2019 a 2023. Para facilitar a visualização, os casos em que o município subiu no ranking com relação ao ano anterior são destacados em azul. Já os casos em que o município caiu no ranking são destacados em vermelho.

Tabela 4 – *Municípios com maiores consumo de energia per capita (GJ/ano)*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Ouvidor	151,91	Ouvidor	154,69	Ouvidor	130,95	Ouvidor	141,70	Ouvidor	143,32
Pilar de Goiás	93,67	Pilar de Goiás	97,13	Pilar de Goiás	79,28	Pilar de Goiás	85,17	Edealina	77,08
Edealina	70,18	Edealina	81,72	Edealina	77,18	Edealina	83,92	Pilar de Goiás	69,09
Cezarina	62,42	Cezarina	67,70	Cezarina	65,87	Cezarina	68,29	Cezarina	67,43
Rio Quente	28,37	Crixás	26,76	Crixás	26,14	Crixás	30,02	Crixás	31,27
Crixás	27,20	Água Fria de Goiás	25,15	Água Fria de Goiás	25,41	Água Fria de Goiás	27,56	Água Fria de Goiás	30,93
Água Fria de Goiás	24,24	Corumbáiba	23,34	Rio Quente	22,86	Rio Quente	25,92	Rio Quente	28,36
Corumbáiba	23,78	Rio Quente	21,79	Corumbáiba	21,91	Corumbáiba	22,09	Corumbáiba	23,83
Santa Fé de Goiás	18,13	Santa Fé de Goiás	20,56	Campo Alegre de Goiás	18,75	Campo Alegre de Goiás	21,31	Santa Fé de Goiás	21,12
Nazário	17,53	Nazário	17,18	Santa Fé de Goiás	18,63	Santa Fé de Goiás	20,52	Campo Alegre de Goiás	19,75

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5 – Municípios com menores consumo per capita (GJ/ano)

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Cidade Ocidental	3,35	Teresina de Goiás	3,43	Teresina de Goiás	3,64	Monte Alegre de Goiás	3,76	Teresina de Goiás	3,99
Teresina de Goiás	3,23	São Domingos	3,29	São Domingos	3,49	São Domingos	3,62	Planaltina	3,97
São Domingos	3,22	Cidade Ocidental	3,29	Cidade Ocidental	3,44	Cidade Ocidental	3,45	Mambai	3,75
Santo Antônio do Descoberto	2,98	Mambai	3,12	Mambai	3,26	Mambai	3,42	Cidade Ocidental	3,59
Mambai	2,95	Santo Antônio do Descoberto	3,07	Damianópolis	3,11	Damianópolis	3,22	Damianópolis	3,54
Buritinópolis	2,93	Damianópolis	2,98	Santo Antônio do Descoberto	3,09	Buritinópolis	3,09	Buritinópolis	3,41
Damianópolis	2,83	Buritinópolis	2,94	Buritinópolis	2,98	Santo Antônio do Descoberto	3,05	Santo Antônio do Descoberto	3,17
Novo Gama	2,82	Novo Gama	2,77	Águas Lindas de Goiás	2,86	Novo Gama	2,87	Águas Lindas de Goiás	3,01
Águas Lindas de Goiás	2,71	Águas Lindas de Goiás	2,77	Novo Gama	2,84	Águas Lindas de Goiás	2,83	Cavalcante	2,96
Cavalcante	2,06	Cavalcante	2,17	Cavalcante	2,44	Cavalcante	2,62	Novo Gama	2,91

Fonte: Elaborado pela autora.

No grupo dos municípios com maior consumo per capita (Tabela 4), destaca-se de forma recorrente o município de Ouvidor, que lidera o ranking em todos os anos analisados, variando de 130,95 GJ/hab (2021) a 154,69 GJ/hab (2020). Essa constância sugere a presença de atividades industriais ou extrativistas intensivas em energia, como mineração ou metalurgia, que podem influenciar significativamente o indicador per capita, especialmente em municípios com população relativamente reduzida. Outros municípios como Pilar de Goiás, Edealina e Cezarina também se mantêm entre os maiores consumidores ao longo dos anos, apontando certa estabilidade no perfil energético dessas localidades. Destaca-se ainda a presença de municípios como Rio Quente, com valores entre 21,79 e 28,36 GJ/hab, provavelmente influenciados pela demanda do setor turístico associado ao parque aquático e termas locais.

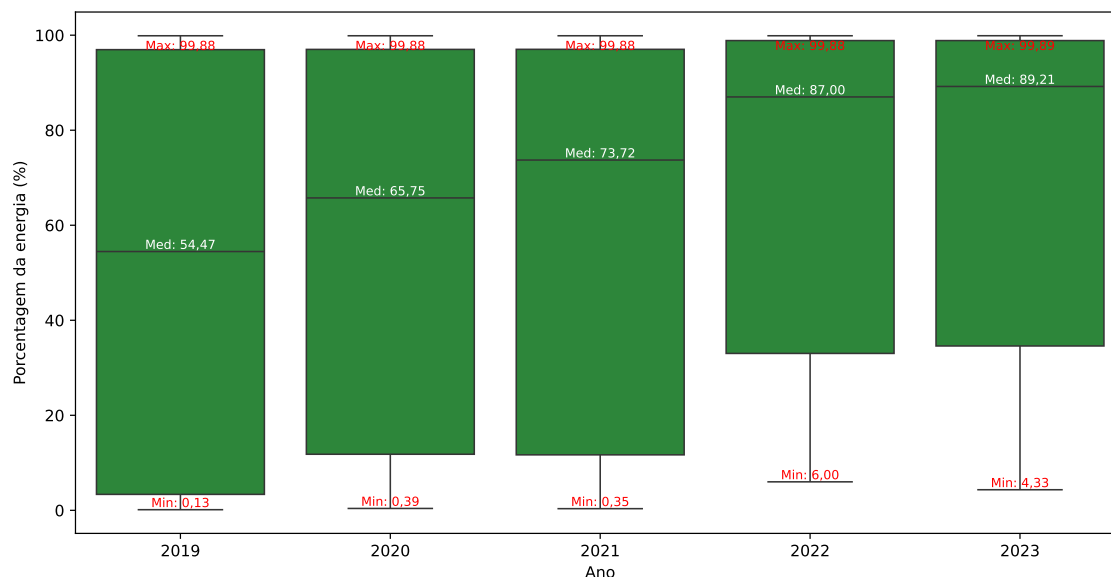
Em contraposição, os municípios com menor consumo per capita (Tabela 5) apresentam valores significativamente inferiores, oscilando entre 2,06 e 3,99 GJ/hab ao longo do período analisado. Cidade Ocidental, Teresina de Goiás, São Domingos e Mambai figuram entre os menores consumidores com regularidade, o que pode ser atribuído à predominância de atividades econômicas de baixo consumo energético e a uma menor densidade de infraestrutura urbana e industrial. É importante notar que, apesar de pequenas variações ano a ano, há uma estabilidade relativa nos valores, indicando que o perfil de consumo nestes municípios mantém-se consistentemente reduzido. Ainda que o consumo tenha aumentado ligeiramente em alguns casos ao longo do tempo, como em Teresina de Goiás (de 3,23 GJ/hab em 2019 para 3,99 GJ/hab em 2023), essa elevação não altera substancialmente a posição relativa do município no ranking estadual.

4.2.2 Porcentagem da energia total final proveniente de fontes renováveis

A análise dos dados sobre a porcentagem da energia total final proveniente de fontes renováveis referentes ao período de 2019 a 2023 revela um desempenho expressivo em termos de energia renovável. Para 90,5% dos dados há utilização exclusiva de fontes renováveis. Dessa forma, a discussão será realizada somente para os casos que diferem de 100%. Como pode ser observado na Figura 9, a análise temporal dos dados revela uma tendência clara de crescimento da mediana ao longo dos cinco anos observados.

A análise do indicador Porcentagem da energia total final proveniente de fontes renováveis, conforme estabelecido pela ABNT NBR ISO 37120, revelou uma tendência de crescimento significativo na utilização de energia limpa nos municípios

Figura 9 – *Porcentagem da energia proveniente de fontes renováveis durante o período de 2019 a 2023 em Goiás (considerando somente valores diferente de 100%)*



Fonte: Elaborado pela autora.

do estado de Goiás entre os anos de 2019 e 2023. Em 2019, a mediana da participação de fontes renováveis no consumo final de energia era de aproximadamente 54%, indicando um cenário ainda heterogêneo entre os municípios. No entanto, em 2023, esse valor mediano atingiu cerca de 89%, o que representa um avanço expressivo no intervalo de apenas quatro anos. Esse progresso está fortemente associado à ampliação do uso de fontes hidráulicas, que historicamente compõem a maior parte da matriz energética regional, além da expansão gradual da geração distribuída por meio de sistemas fotovoltaicos em áreas urbanas e rurais. A elevação da mediana indica não apenas um aumento absoluto no consumo de energia renovável, mas também uma melhoria na equidade da distribuição dessa energia entre os municípios, com um número crescente de localidades alcançando patamares mais altos de sustentabilidade energética. Esse resultado está em consonância com os princípios do ODS 7, ao promover o acesso a fontes de energia modernas e sustentáveis, e contribui diretamente para o fortalecimento da transição energética no contexto municipal.

Apesar dessa tendência positiva, os dados revelam uma ampla dispersão entre os municípios, conforme ilustrado pelos gráficos de distribuição estatística utilizados na análise. A amplitude interquartil, que abrange os valores compreendidos entre o primeiro (Q1) e o terceiro quartil (Q3), apresenta variações consideráveis, evidenciando a heterogeneidade regional no que se refere à incorporação de fontes renováveis. Enquanto alguns municípios registram percentuais próximos de 100%,

indicando uma matriz quase integralmente renovável, outros ainda apresentam níveis mais modestos de inserção dessas fontes.

Importa destacar que os valores máximos observados ao longo do período mantiveram-se consistentemente elevados, situando-se próximos ao limite superior (100%), o que sugere que parte dos municípios já consolidou estruturas energéticas predominantemente sustentáveis. Por outro lado, os valores mínimos também apresentaram elevação gradual entre 2019 e 2023, o que indica um avanço mesmo entre os municípios com menor representatividade de fontes renováveis, refletindo um movimento coletivo em direção à diversificação e à qualificação da matriz energética estadual.

A análise gráfica evidencia uma aceleração no processo de transição energética em Goiás, com destaque a partir do ano de 2022, período em que a mediana da participação de fontes renováveis apresentou um avanço mais expressivo. Tal evolução pode ser atribuída à adoção de políticas públicas voltadas à promoção da geração de energia limpa, como a implementação de linhas de financiamento específicas, isenções fiscais e regulamentações que favorecem a expansão de tecnologias sustentáveis nos municípios.

As Tabelas 6 e 7 apresentam, respectivamente, os municípios com maiores e menores porcentagens de energia proveniente de fontes renováveis, considerando somente os casos com valores diferentes de 100%.

Os dados da Tabela 6 evidenciam uma forte concentração de municípios com valores superiores a 95% de participação de fontes renováveis ao longo de todo o período analisado (2019–2023). Jataí, por exemplo, apresenta-se de forma contínua no topo do ranking, mantendo um valor estável de aproximadamente 99,88%, indicando uma matriz energética amplamente baseada em fontes limpas.

Além de Jataí, municípios como Itumbiara, Mineiros, Cristalina, Catalão e Rio Verde mantêm altos percentuais de energia renovável, refletindo provavelmente a predominância de atividades agroindustriais com acesso a fontes alternativas, além de políticas locais ou infraestrutura favorável para geração renovável.

Um dado que chama atenção é a evolução de Caldas Novas, que em 2019 apresentava um percentual modesto (61,31%), mas que sobe para 99,80% em 2022 e se mantém nesse patamar em 2023. Essa mudança acentuada pode estar relacionada à modernização da matriz energética local, à substituição de fontes fósseis ou à adoção de políticas públicas voltadas para sustentabilidade.

Por outro lado, a Tabela 7 revela um conjunto de municípios com percentuais extremamente baixos ou nulos de uso de fontes renováveis em parte significativa do período. De 2019 a 2021, diversos municípios aparecem com 0% de energia renovável, incluindo Amaralina, Baliza, Campestre, Caturaí, entre outros. Esse quadro

evidencia um uso total de fontes não renováveis, ou, possivelmente, uma lacuna na contabilização adequada das fontes energéticas.

Os municípios Goiânia, Anápolis e Palmeiras de Goiás aparecem de forma recorrente entre os menores percentuais de renováveis, com valores abaixo de 35% nos últimos anos. Isso é particularmente relevante por se tratarem de centros urbanos com maior demanda energética, reforçando o desafio de promover a substituição de fontes fósseis em ambientes urbanos e industriais.

Tabela 6 – *Municípios com maiores porcentagens totais provenientes de fontes renováveis (considerando somente valores diferentes de 100)*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Jataí	99,88	Jataí	99,88	Jataí	99,88	Jataí	99,88	Jataí	99,89
Itumbiara	99,77	Itumbiara	99,77	Itumbiara	99,77	Caldas Novas	99,80	Caldas Novas	99,80
Mineiros	99,61	Mineiros	99,61	Mineiros	99,61	Itumbiara	99,77	Itumbiara	99,77
Cristalina	98,64	Cristalina	98,70	Cristalina	99,09	Mineiros	99,62	Mineiros	99,62
Catalão	98,18	Catalão	98,18	Catalão	98,18	Formosa	99,44	Formosa	99,44
Rio Verde	97,07	Rio Verde	97,11	Rio Verde	97,14	Cristalina	99,09	Cristalina	99,09
Morrinhos	96,62	Morrinhos	96,71	Morrinhos	96,65	Catalão	98,18	Catalão	98,18
Formosa	89,28	Planaltina	88,13	Planaltina	87,81	Rio Verde	97,25	Rio Verde	97,29
Planaltina	87,91	Aparecida de Goi- ânia	80,77	Caldas Novas	83,65	Morrinhos	96,72	Morrinhos	96,77
Caldas Novas	61,31	Caldas Novas	76,70	Aparecida de Goi- ânia	83,25	Aparecida de Goi- ânia	92,17	Aparecida de Goi- ânia	91,81

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 7 – *Municípios com menores porcentagens totais provenientes de fontes renováveis*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Amaralina	0,00	Amaralina	0,00	Bela Vista de Goiás	4,97	Bom Jesus de Goiás	60,27	Valparaíso de Goiás	50,39
Baliza	0,00	Baliza	0,00	Nazário	4,26	Itaberaí	43,87	Pirenópolis	48,10
Bom Jesus de Goiás	0,00	Bom Jesus de Goiás	0,00	Nerópolis	3,68	Panamá	40,44	Itaberaí	44,65
Campestre	0,00	Campestre de Goiás	0,00	Palmeiras de Goiás	0,35	Goiânia	30,55	Goiânia	31,24
Campinaçu	0,00	Campinaçu	0,00	Baliza	0,00	Anápolis	18,47	Nerópolis	20,17
Caturaí	0,00	Caturaí	0,00	Bom Jesus de Goiás	0,00	Nerópolis	17,98	Anápolis	16,29
Colinas do Sul	0,00	Colinas do Sul	0,00	Damianópolis	0,00	Palmeiras de Goiás	14,24	Palmeiras de Goiás	14,04
Damianópolis	0,00	Diorama	0,00	Goiás	0,00	Bela Vista de Goiás	12,64	Bela Vista de Goiás	9,34
Goiás	0,00	Guarani de Goiás	0,00	Panamá	0,00	Nazário	6,00	Nazário	4,33
Sítio d'Abadia	0,00	Jesúpolis	0,00	Sítio D'Abadia	0,00	Bom Jesus de Goiás	0,00	Bom Jesus de Goiás	0,00

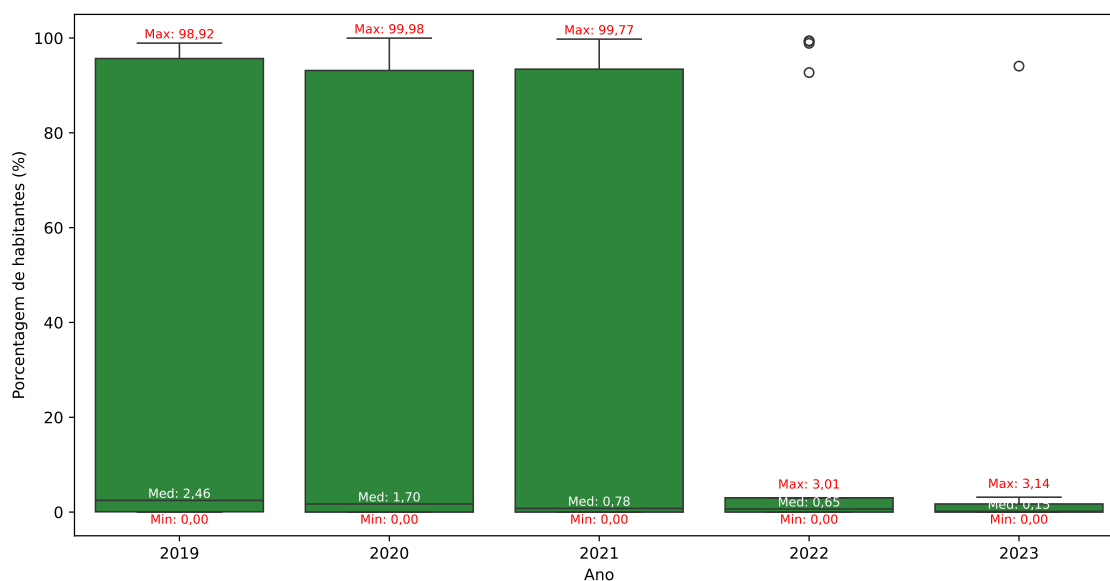
Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.3 Porcentagem da população com fornecimento regular de energia elétrica

A avaliação da proporção da população com acesso regular à energia elétrica demonstrou que para 92,28% dos dados há cobertura total, ou seja, 100% dos habitantes com acesso ao sistema formal de fornecimento de energia elétrica. Dessa forma, a análise foi realizada considerando somente os casos que se diferem deste comportamento.

Conforme demonstrado na Figura 10, a leitura dos dados revela uma importante tendência de redução progressiva na média percentual de habitantes atendidos com regularidade energética. É importante destacar que a análise não considera valores iguais a 100%, o que pode ter gerado este comportamento.

Figura 10 – *Porcentagem de habitantes do estado de Goiás com fornecimento regular de energia elétrica entre 2019 e 2023 (considerando somente os casos diferentes de 100%)*



Fonte: Elaborado pela autora.

Em 2019, observou-se uma média de 2,46% da população com fornecimento regular, com um valor máximo de 98,92%, sugerindo que alguns municípios estavam muito próximos da universalização do serviço. No entanto, ao longo dos anos seguintes, essa média sofreu reduções significativas: 1,70% em 2020, 0,78% em 2021, 0,65% em 2022 e, finalmente, 0,15% em 2023. Tal padrão de declínio pode indicar mudanças na metodologia de medição, alterações nos critérios de regularidade ou agravamento de desigualdades territoriais no acesso à energia elétrica.

Adicionalmente, o valor máximo da série também apresentou queda acentuada, indo de 99,98% em 2020 para 3,14% em 2023, reforçando a hipótese de uma

transformação substancial no indicador ou nas condições reais de fornecimento. Ao mesmo tempo, o valor mínimo permaneceu constante em 0,00%, evidenciando que ao menos parte da população continuou totalmente desassistida em todos os anos analisados.

A Tabela 8 apresenta os municípios com maiores porcentagens de habitantes residenciais com fornecimento regular de energia elétrica no período de 2019 a 2023, desconsiderando valores iguais a 100%. A análise mostra uma tendência geral de queda nos valores máximos, o que está em consonância com a tendência observada anteriormente na figura agregada da média estadual.

Em 2019, os municípios de Amaralina (98,92%), Montividiu (98,18%) e Abadiânia (97,38%) figuram entre os mais bem colocados, com índices bastante elevados. Esse padrão se mantém em 2020, com destaque para Montividiu (99,98%) e Vila Propício (98,22%). No entanto, nos anos seguintes observa-se uma redução progressiva dos valores máximos, culminando em 2023, quando somente Cristalina aparece na lista, com 94,07%. Essa diminuição no número de municípios listados e na magnitude dos valores máximos se deve à universalização do acesso, indicando que os municípios ausentes alcançaram 100%.

Tabela 8 – *Municípios com maiores porcentagens de habitantes residenciais com fornecimento regular de energia elétrica (considerando somente valores diferentes de 100)*

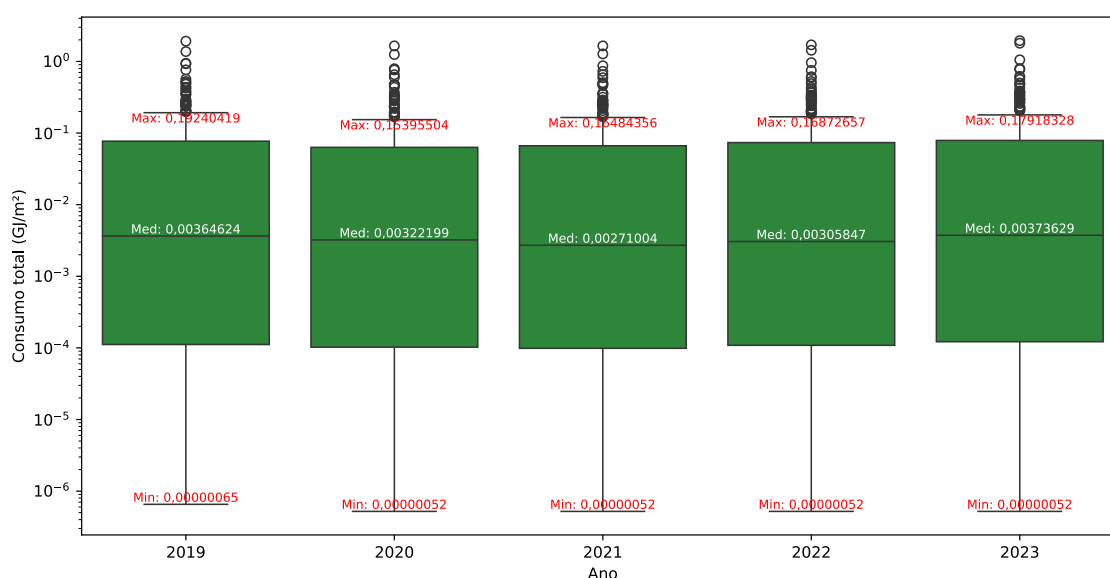
2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Amaralina	98,92	Montividiu	99,98	Vila Propício	99,77	Novo Gama	99,41	Cristalina	94,07
Montividiu	98,18	Vila Propício	98,22	Campestre de Goiás	98,34	Flores de Goiás	99,28		
Abadiânia	97,38	Campestre de Goiás	97,45	Novo Gama	97,86	Santo Antônio do Descoberto	98,87		
Guarani de Goiás	97,17	Novo Gama	96,20	Santo Antônio do Descoberto	97,69	Cristalina	92,71		
Vila Propício	96,36	Santo Antônio do Descoberto	95,98	Flores de Goiás	94,96				
Campestre de Goiás	96,18	Cavalcante	93,15	Cristalina	91,89				
Santo Antônio do Descoberto	95,50	Cristalina	89,92						
Novo Gama	94,37	Flores de Goiás	83,98						
Cristalina	86,98								
Cavalcante	83,24								

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.4 Consumo final de energia de edifícios públicos

Na avaliação do consumo final de energia de edifícios públicos, para 37,15% dos dados o valor obtido foi de 0 GJ. Este resultado se deve provavelmente ao fato de terem sido usados dados de somente edifícios públicos federais e estaduais, sendo que não foram obtidos dados na esfera municipal. Em virtude disso, a análise é realizada com os demais casos. Os dados apresentados na Figura 11 permitem uma análise tanto da variabilidade como da tendência central do consumo energético nas instalações públicas ao longo do período.

Figura 11 – *Consumo de energia elétrica de edifícios públicos no estado de Goiás entre os anos de 2019 a 2023, considerando somente os valores diferentes de 0*



Fonte: Elaborado pela autora.

A média de consumo energético apresenta leve oscilação entre os anos, com destaque para uma redução contínua de 2019 (0,00365 GJ/m²) até 2021 (0,00271 GJ/m²), seguida de uma reversão dessa tendência em 2022 (0,00306 GJ/m²) e 2023 (0,00374 GJ/m²). Essa trajetória pode estar associada, inicialmente, à adoção de medidas de contenção de gastos e de eficiência energética, além do impacto da pandemia de COVID-19, que resultou na subutilização de prédios públicos em 2020 e 2021. O aumento nos dois últimos anos pode refletir o retorno às atividades presenciais e o consequente crescimento da demanda energética.

Os valores máximos de consumo também seguem uma tendência não linear: iniciam em 0,1924 GJ/m² (2019), atingem um mínimo relativo em 2020 (0,1539 GJ/m²), e voltam a crescer até 0,1792 GJ/m² em 2023. Isso sugere que alguns edifícios específicos apresentaram altos consumos pontuais, possivelmente

relacionados ao tipo de atividade desempenhada (hospitais, centros administrativos complexos, etc.) ou à ausência de medidas de controle de consumo.

No que diz respeito aos valores mínimos, observa-se uma estagnação absoluta, com registros da ordem de $0,00000052 \text{ GJ/m}^2$ em quase todos os anos (exceto 2019), o que pode indicar edifícios desativados, subutilizados ou com falhas de medição. Esses valores mínimos, muito próximos de zero, também chamam atenção para a heterogeneidade no uso e eficiência energética entre os edifícios públicos monitorados.

As Tabelas 9 e 10 detalham o consumo de energia elétrica em edifícios públicos nos municípios goianos, revelando contrastes significativos entre os maiores e os menores consumidores no período de 2019 a 2023.

A Tabela 9 destaca os municípios com maior consumo específico de energia. O município de Leopoldo de Bulhões se destaca expressivamente em todos os anos, com valores muito acima dos demais — atingindo $203,89 \text{ GJ/m}^2$ em 2023, representando um patamar de consumo extraordinariamente alto e fora da curva. Tal valor pode ser explicado pela presença de edifícios com alto consumo intensivo (como hospitais, centros tecnológicos ou administrativos) ou ineficiência energética significativa.

Outros municípios como Acreúna, Bela Vista de Goiás, Goiatuba, Santa Cruz de Goiás e Mozarlândia aparecem recorrentemente, sugerindo um padrão consistente de alto consumo energético nos edifícios públicos locais. É notável também a presença constante de municípios de pequeno ou médio porte, o que pode indicar que o alto consumo não está necessariamente ligado ao tamanho da população, mas à natureza e intensidade das atividades públicas realizadas, bem como à eficiência (ou ineficiência) das instalações.

Por sua vez, a Tabela 10 demonstra os menores valores de consumo, excluindo os casos com valor zero. Os dados são extremamente baixos, da ordem de 10^{-5} a 10^{-6} GJ/m^2 , levantando dúvidas sobre a funcionalidade dos edifícios registrados — podem se tratar de instalações subutilizadas, desativadas, ou com falhas no registro de consumo.

Municípios como Mundo Novo, Bom Jardim de Goiás, Amaralina, Monte Alegre de Goiás, Vila Propício, Novo Planalto e Montividiu do Norte figuram repetidamente entre os menores consumidores, apresentando pouca variação entre os anos. Este padrão pode refletir realidades distintas: de um lado, ações eficazes de eficiência energética ou baixo uso das instalações, e de outro, problemas de infraestrutura, ausência de equipamentos, ou mesmo falhas na medição ou no reporte dos dados.

Tabela 9 – *Municípios com maiores consumos de energia de edifícios públicos (GJ/m²)*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Leopoldo de Bulhões	184,85	Leopoldo de Bulhões	162,12	Leopoldo de Bulhões	164,96	Leopoldo de Bulhões	184,14	Leopoldo de Bulhões	203,89
Montes Claros de Goiás	12,71	Acreúna	5,74	Acreúna	5,71	Acreúna	7,17	Acreúna	6,94
Acreúna	6,31	Bela Vista de Goiás	5,42	Bela Vista de Goiás	5,22	Bela Vista de Goiás	6,06	Bela Vista de Goiás	6,59
Bela Vista de Goiás	6,23	Goiatuba	4,87	Goiatuba	4,88	Goiatuba	5,32	Goiatuba	5,89
Goiatuba	5,48	Montes Claros de Goiás	4,14	Santa Cruz de Goiás	3,60	Santa Cruz de Goiás	4,22	Santa Cruz de Goiás	4,67
Santa Cruz de Goiás	3,50	Santa Cruz de Goiás	3,43	São Luís de Montes Belos	2,21	São Luís de Montes Belos	2,52	São Luís de Montes Belos	2,76
Mozarlândia	2,06	São Luís de Montes Belos	1,86	Mozarlândia	1,85	Mozarlândia	2,07	Mozarlândia	2,26
São Luís de Montes Belos	1,96	Mozarlândia	1,62	Pilar de Goiás	1,31	Pilar de Goiás	1,41	Pilar de Goiás	1,65
Pilar de Goiás	1,28	Bom Jesus de Goiás	1,08	Pontalina	1,10	Edéia	1,28	Bom Jesus de Goiás	1,37
Bom Jesus de Goiás	1,27	Pilar de Goiás	1,08	Bom Jesus de Goiás	1,07	Bom Jesus de Goiás	1,26	Edéia	1,36

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 10 – *Municípios com menores consumos de energia de edifícios públicos (GJ/m²), considerando apenas valores diferentes de 0*

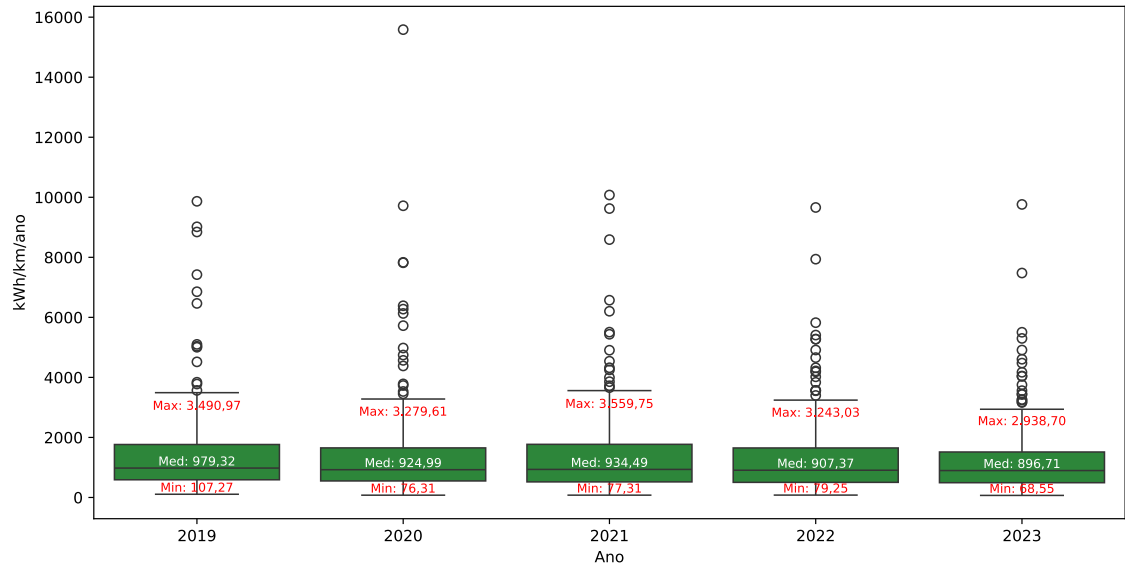
2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Colinas do Sul	$1,07 \times 10^{-5}$	Leopoldo de Bulhões	162.120852	Colinas do Sul	$1,05 \times 10^{-5}$	Mundo Novo	$1,23 \times 10^{-5}$	Mundo Novo	$1,39 \times 10^{-5}$
Bom Jardim de Goiás	$1,05 \times 10^{-5}$	Acreúna	5.7375368	Bom Jardim de Goiás	$8,97 \times 10^{-6}$	Bom Jardim de Goiás	$1,11 \times 10^{-5}$	Bom Jardim de Goiás	$1,24 \times 10^{-5}$
Bonópolis	$9,85 \times 10^{-6}$	Bela Vista de Goiás	5.4165555	Monte Alegre de Goiás	$7,10 \times 10^{-6}$	Amaralina	$9,25 \times 10^{-6}$	Amaralina	$1,18 \times 10^{-5}$
Monte Alegre de Goiás	$8,85 \times 10^{-6}$	Goiatuba	4.8668450	Vila Propício	$6,72 \times 10^{-6}$	Monte Alegre de Goiás	$9,00 \times 10^{-6}$	Monte Alegre de Goiás	$1,02 \times 10^{-5}$
Vila Propício	$7,53 \times 10^{-6}$	Montes Claros de Goiás	4.1400291	Amaralina	$6,66 \times 10^{-6}$	Vila Propício	$7,09 \times 10^{-6}$	Vila Propício	$9,40 \times 10^{-6}$
Novo Planalto	$5,83 \times 10^{-6}$	Santa Cruz de Goiás	3.4288742	Novo Planalto	$5,11 \times 10^{-6}$	Novo Planalto	$6,76 \times 10^{-6}$	Novo Planalto	$8,11 \times 10^{-6}$
Alto Paraíso de Goiás	$4,45 \times 10^{-6}$	São Luís de Montes Belos	1.8552483	Montividiu do Norte	$3,83 \times 10^{-6}$	Montividiu do Norte	$4,47 \times 10^{-6}$	Montividiu do Norte	$5,72 \times 10^{-6}$
Montividiu do Norte	$3,36 \times 10^{-6}$	Mozarlândia	1.6177111	Alto Paraíso de Goiás	$3,70 \times 10^{-6}$	Alto Paraíso de Goiás	$3,69 \times 10^{-6}$	Alto Paraíso de Goiás	$4,81 \times 10^{-6}$
Flores de Goiás	$2,83 \times 10^{-6}$	Bom Jesus de Goiás	1.0819202	Flores de Goiás	$2,13 \times 10^{-6}$	Baliza	$2,62 \times 10^{-6}$	Flores de Goiás	$3,38 \times 10^{-6}$
Baliza	$2,01 \times 10^{-6}$	Pilar de Goiás	1.0758585	Baliza	$2,03 \times 10^{-6}$	Flores de Goiás	$2,55 \times 10^{-6}$	Baliza	$2,83 \times 10^{-6}$

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.5 Consumo de energia elétrica da iluminação em vias públicas

Conforme pode ser visualizado na Figura 12, a análise dos dados de consumo de energia elétrica para iluminação pública no período de 2019 a 2023 revela tendências significativas em termos de eficiência energética e variabilidade do sistema. Os valores medianos demonstram uma trajetória consistente de redução, partindo de 979,32 kWh/km/ano em 2019 e atingindo 896,71 kWh/km/ano em 2023, representando uma diminuição acumulada de aproximadamente 8,4%. Esta tendência positiva evidencia a eficácia das políticas de modernização da infraestrutura de iluminação pública, possivelmente associadas à implementação de tecnologias mais eficientes, como luminárias LED e sistemas de controle inteligente.

Figura 12 – *Distribuição do consumo de energia em vias públicas no período de 2019 a 2023 no estado de Goiás*



Fonte: Elaborado pela autora.

A variabilidade dos dados apresenta características distintas ao longo do período analisado. Os valores mínimos mantiveram-se relativamente estáveis, oscilando entre 68,55 kWh/km/ano (2023) e 107,27 kWh/km/ano (2019), com uma tendência decrescente que sugere aprimoramento das melhores práticas de eficiência energética. Em contraste, os valores máximos exibiram maior volatilidade, com destaque para o pico de 3.559,75 kWh/km/ano registrado em 2021, seguido de uma redução substancial para 2.938,70 kWh/km/ano em 2023. A amplitude significativa entre valores extremos indica a coexistência de sistemas com diferentes níveis de eficiência energética, refletindo possíveis disparidades na modernização da infraestrutura entre diferentes municípios.

Esta heterogeneidade no consumo específico pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo diferenças na densidade de iluminação por quilômetro, tipos de tecnologia empregada, padrões de uso e controle dos sistemas, bem como características geográficas e urbanísticas das vias. A persistência de valores máximos elevados, mesmo diante da tendência geral de redução, sinaliza a necessidade de intervenções direcionadas para áreas com menor eficiência energética. Os resultados sugerem que, embora as políticas de modernização tenham sido eficazes na redução do consumo médio, ainda existe potencial significativo para melhorias por meio de estratégias focadas na padronização de sistemas eficientes e na redução das disparidades regionais.

A análise dos municípios com maiores e menores consumos de energia elétrica para iluminação pública revela disparidades significativas e padrões evolutivos distintos no período de 2019 a 2023. Entre os municípios com maiores consumos (Tabela 11), observa-se uma amplitude considerável, com valores oscilando desde aproximadamente 4.000 kWh/km/ano até picos superiores a 15.000 kWh/km/ano. Goiânia destaca-se como o município com consumo mais elevado em múltiplos anos, registrando 9.865,64 kWh/km/ano em 2019, 9.717,11 kWh/km/ano em 2020, 9.624,09 kWh/km/ano em 2021, 9.659,88 kWh/km/ano em 2022, e 9.761,49 kWh/km/ano em 2023, demonstrando relativa estabilidade em patamares elevados. Valparaíso de Goiás apresenta comportamento particularmente interessante, com o valor mais alto registrado em todo o período (15.584,27 kWh/km/ano em 2020), seguido de reduções substanciais nos anos subsequentes, atingindo 7.476,84 kWh/km/ano em 2023, representando uma diminuição de aproximadamente 52%.

A trajetória dos municípios com maiores consumos evidencia uma tendência geral de redução, especialmente visível nos casos de Trindade, que passou de 10.075,15 kWh/km em 2021 para 5.503,47 kWh/km/ano em 2023, e Novo Gama, que reduziu seu consumo de 9.016,10 kWh/km/ano em 2019 para valores não listados entre os maiores consumidores nos anos finais do período. Esta diminuição sugere implementação de políticas de modernização e eficiência energética nestes municípios, possivelmente através da substituição de tecnologias convencionais por sistemas LED e implementação de controles inteligentes.

Tabela 11 – *Municípios com maiores consumos de vias públicas (kWh/km/ano)*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Goiânia	9.865,64	Valparaíso de Goiás	15.584,27	Trindade	10.075,15	Goiânia	9.659,88	Goiânia	9.761,49
Novo Gama	9.016,10	Goiânia	9.717,11	Goiânia	9.624,09	Valparaíso de Goiás	7.938,20	Valparaíso de Goiás	7.476,84
Valparaíso de Goiás	8.843,64	Senador Canedo	7.832,65	Valparaíso de Goiás	8.590,05	Novo Gama	5.823,12	Trindade	5.503,47
Águas Lindas de Goiás	7.423,56	Goianira	7.817,88	Aragarças	6.571,36	Trindade	5.409,73	Senador Canedo	5.298,35
Senador Canedo	6.854,02	Novo Gama	6.386,07	Novo Gama	6.203,16	Senador Canedo	5.274,83	Aparecida de Goiânia	4.911,26
Nerópolis	6.464,38	Águas Lindas de Goiás	6.273,50	Águas Lindas de Goiás	5.507,42	Abadia de Goiás	5.272,07	Águas Lindas de Goiás	4.604,69
Cidade Ocidental	5.099,87	Terezópolis de Goiás	6.130,13	Senador Canedo	5.436,30	Aparecida de Goiânia	4.912,36	Nova Veneza	4.476,30
Aparecida de Goiânia	5.038,28	Nerópolis	5.723,20	Aparecida de Goiânia	4.905,61	Águas Lindas de Goiás	4.659,24	Aragarças	4.169,99
Anápolis	5.003,79	Aparecida de Goiânia	4.978,68	Cidade Ocidental	4.538,91	Nova Veneza	4.320,26	Anápolis	4.045,17
Nova Veneza	4.517,36	Anápolis	4.745,03	Nova Veneza	4.321,15	Anápolis	4.215,51	Cidade Ocidental	4.035,04

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 12 – *Municípios com menores consumos de vias públicas (kWh/km/ano)*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
São Miguel do Araguaia	214.88	Vila Propício	181.67	São Miguel do Araguaia	196.58	Vila Propício	178.39	Colinas do Sul	198.28
Itapirapuã	214.07	Colinas do Sul	176.66	Vila Propício	178.41	Colinas do Sul	169.57	Aporé	186.81
Mundo Novo	210.79	Arenópolis	161.79	Colinas do Sul	163.57	Flores de Goiás	154.89	Santa Cruz de Goiás	178.85
Vila Propício	199.36	Itarumã	149.67	Cavalcante	145.96	Itarumã	141.59	Vila Propício	158.56
Chapadão do Céu	173.87	Cavalcante	148.25	Itarumã	141.37	Água Fria de Goiás	135.80	Flores de Goiás	154.58
Arenópolis	163.72	Água Fria de Goiás	138.38	Água Fria de Goiás	136.02	Chapadão do Céu	127.48	Itarumã	141.37
Água Fria de Goiás	163.01	Guarani de Goiás	121.97	Guarani de Goiás	119.72	Guarani de Goiás	120.04	Chapadão do Céu	127.43
Cavalcante	160.85	Mundo Novo	114.47	Mundo Novo	112.60	Mundo Novo	112.67	Guarani de Goiás	120.05
Itarumã	154.41	São Miguel do Passa Quatro	103.39	São Miguel do Passa Quatro	101.76	Cavalcante	100.52	Mundo Novo	112.46
Santa Cruz de Goiás	107.27	Santa Cruz de Goiás	76.31	Santa Cruz de Goiás	77.31	Santa Cruz de Goiás	79.25	Cavalcante	68.55

Fonte: Elaborado pela autora.

Em contraste, os municípios com menores consumos (Tabela 12) apresentam um cenário de maior estabilidade e eficiência consolidada. Santa Cruz de Goiás mantém-se consistentemente como referência de baixo consumo, registrando 107,27 kWh/km/ano em 2019 e atingindo o menor valor absoluto do período com 68,55 kWh/km/ano em 2023 (Cavalcante), demonstrando uma redução progressiva que evidencia aprimoramento contínuo das práticas de eficiência energética. Os valores neste grupo situam-se predominantemente entre 70 e 220 kWh/km/ano ao longo do período, representando uma diferença de magnitude que pode superar 100 vezes quando comparados aos maiores consumidores.

A análise temporal revela que municípios como Vila Propício, Colinas do Sul e Itarumã mantêm presença recorrente entre os menores consumidores, sugerindo a existência de modelos replicáveis de gestão eficiente da iluminação pública. Particularmente notável é a evolução de alguns municípios que transitaram entre as categorias, como São Miguel do Araguaia e São Miguel do Passa Quatro, que figuram entre os menores consumidores em múltiplos anos, indicando sustentabilidade de suas práticas de eficiência energética.

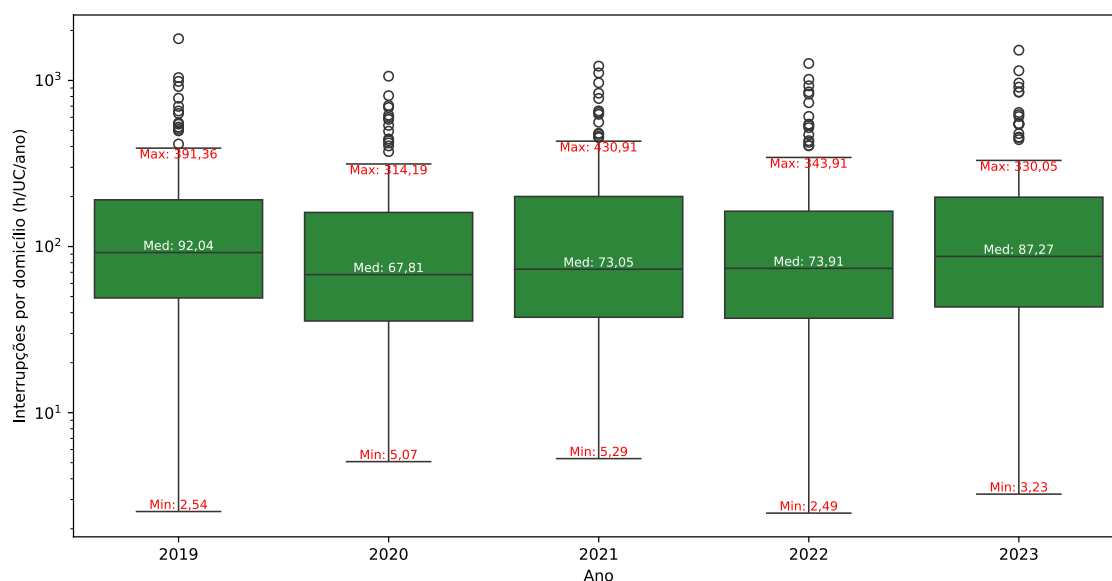
As disparidades observadas entre os extremos de consumo podem ser atribuídas a diversos fatores estruturais e operacionais, incluindo diferenças na densidade populacional urbana, extensão da rede viária, tipos de tecnologia empregada, padrões de manutenção, características geográficas e socioeconômicas, além de políticas municipais específicas de gestão energética. A variabilidade temporal nos rankings sugere que investimentos direcionados em modernização tecnológica podem produzir resultados significativos em períodos relativamente curtos, como evidenciado pelas reduções substanciais observadas em municípios como Valparaíso de Goiás e Trindade.

Os resultados indicam que existe potencial considerável para otimização do consumo energético em iluminação pública, especialmente considerando que os municípios mais eficientes demonstram ser possível manter adequada iluminação urbana com consumos inferiores a 200 kWh/km/ano. A persistência de consumos superiores a 4.000 kWh/km/ano em diversos municípios ao longo do período sinaliza oportunidades significativas para implementação de políticas de modernização tecnológica e gestão energética, que poderiam resultar em substanciais reduções de custos operacionais e impactos ambientais, além de contribuir para objetivos mais amplos de sustentabilidade urbana e eficiência energética no setor público.

4.2.6 Duração média de interrupção no fornecimento de energia

Com relação à duração média de interrupção no fornecimento de energia, para 56,1% dos dados o valor observado foi 0, de forma que a análise foi realizada somente para os casos que diferem deste padrão. Os resultados apresentados na Figura 13 revelam um cenário complexo de variabilidade significativa e tendências não lineares na qualidade do serviço elétrico. Os valores medianos apresentam uma trajetória inicial de melhoria, partindo de 92,04 h/UC/ano em 2019 e atingindo o melhor desempenho em 2020 com 67,81 h/UC/ano, representando uma redução de aproximadamente 26%. Esta melhoria inicial pode estar associada a investimentos em modernização da infraestrutura elétrica, implementação de sistemas de automação e melhores práticas de manutenção preventiva.

Figura 13 – *Distribuição das horas de interrupções por UC de energia elétrica em Goiás durante os anos de 2019 a 2023, considerando somente os casos diferente de 0*



Fonte: Elaborado pela autora.

Entretanto, observa-se uma reversão desta tendência positiva a partir de 2021, quando a duração mediana das interrupções aumentou para 73,05 h/UC/ano, mantendo-se relativamente estável em 73,91 h/UC/ano em 2022, antes de apresentar deterioração mais acentuada em 2023, alcançando 87,27 h/UC/ano. Este padrão sugere que os ganhos iniciais de qualidade não foram sustentados ao longo do período, possivelmente devido a fatores como envelhecimento da infraestrutura, eventos climáticos extremos, expansão da demanda sem correspondente ampliação da capacidade do sistema, ou redução de investimentos em manutenção e modernização.

A variabilidade extrema dos dados constitui aspecto particularmente preocupante da análise. Os valores mínimos mantiveram-se consistentemente baixos, oscilando entre 2,49 h/UC/ano (2022) e 5,29 h/UC/ano (2021), demonstrando que determinadas áreas ou concessionárias conseguem manter padrões elevados de continuidade do serviço. Em contraste, os valores máximos apresentam amplitude alarmante, com destaque para o pico de 430,91 h/UC/ano registrado em 2021, equivalente a aproximadamente 18 dias de interrupção por ano por unidade consumidora. Mesmo desconsiderando este valor extremo, os máximos anuais situam-se consistentemente acima de 300 h/UC/ano, indicando que algumas regiões experimentam mais de 12 dias anuais sem fornecimento elétrico.

A persistência de valores máximos tão elevados, mesmo quando a mediana apresenta melhoria, evidencia a existência de disparidades regionais significativas na qualidade do serviço elétrico. Esta heterogeneidade pode refletir diferenças na densidade populacional, características geográficas, idade e estado de conservação da infraestrutura, capacidade técnica e financeira das concessionárias, além de variações na exposição a eventos climáticos adversos. A amplitude entre valores extremos, que pode superar 100 vezes a diferença entre mínimo e máximo, indica a necessidade de políticas diferenciadas para reduzir estas disparidades.

O comportamento dos indicadores ao longo do período sugere que a melhoria da qualidade do serviço elétrico requer esforços contínuos e sustentados, não sendo suficientes intervenções pontuais. A deterioração observada a partir de 2021 pode estar relacionada ao impacto de fatores externos, como mudanças climáticas que intensificam eventos meteorológicos extremos, pressões econômicas que limitam investimentos em infraestrutura, ou ainda deficiências regulatórias que não incentivam adequadamente a manutenção de padrões elevados de qualidade.

Os resultados indicam que, embora existam casos de excelência na continuidade do fornecimento, com interrupções inferiores a 3 horas anuais por unidade consumidora, uma parcela significativa da população ainda enfrenta interrupções prolongadas que podem comprometer atividades econômicas, conforto doméstico e serviços essenciais. Esta situação demanda atenção prioritária de políticas públicas, investimentos direcionados em modernização da infraestrutura, implementação de sistemas de automação e monitoramento, além de marcos regulatórios que incentivem a melhoria contínua da qualidade do serviço elétrico, especialmente nas regiões com pior desempenho.

A análise dos municípios com maiores e menores durações de interrupções no fornecimento de energia elétrica revela disparidades extremas e padrões evolutivos contrastantes que evidenciam profundas desigualdades na qualidade do serviço elétrico. Entre os municípios com maiores durações de interrupção (Tabela 13),

Diorama destaca-se como caso crítico persistente, mantendo-se consistentemente no topo do ranking: 1783,32 h/UC/ano em 2019, reduzindo para 1060,21 h/UC/ano em 2020, mas deteriorando posteriormente para 1109,74 h/UC/ano em 2021, 1265,20 h/UC/ano em 2022, e atingindo o pico de 1520,40 h/UC/ano em 2023. Esta trajetória representa mais de 63 dias anuais sem fornecimento elétrico por unidade consumidora em 2023, configurando uma situação de extrema precariedade do serviço que compromete fundamentalmente a qualidade de vida e as atividades econômicas locais.

A persistência de municípios como Trombás, Santa Isabel, Portelândia e Simolândia entre os maiores valores ao longo do período indica problemas estruturais sistêmicos que transcendem questões pontuais de manutenção. Trombás, por exemplo, oscila entre valores elevados, passando de 1040,02 h/UC/ano em 2019 para 706,22 h/UC/ano em 2020, mas retornando a patamares críticos com 1219,75 h/UC/ano em 2021 e 849,33 h/UC/ano em 2023. Santa Isabel mantém-se consistentemente problemática, com valores que variam entre 809,69 h/UC/ano e 1144,13 h/UC/ano, representando entre 34 e 48 dias anuais de interrupção. Estes padrões sugerem deficiências crônicas na infraestrutura elétrica, possivelmente relacionadas à localização geográfica, densidade populacional reduzida, limitações técnicas das concessionárias locais, ou exposição diferenciada a eventos climáticos adversos.

Em contraste, os municípios com menores durações de interrupção (Tabela 14) demonstram a viabilidade de manter padrões elevados de continuidade do serviço elétrico. Valparaíso de Goiás emerge como referência de excelência, mantendo consistentemente os menores valores do período, com oscilação entre 2,49 h/UC/ano (2022) e 5,29 h/UC/ano (2021). Este desempenho evidencia que é tecnicamente possível alcançar padrões internacionais de qualidade mesmo no contexto brasileiro. Águas Lindas de Goiás, Porangatu e Goiânia também mantêm presença recorrente entre os melhores desempenhos, com valores tipicamente inferiores a 15 h/UC/ano, demonstrando sustentabilidade de práticas eficazes de gestão da infraestrutura elétrica.

Tabela 13 – *Municípios com maiores durações de interrupções de fornecimento de energia (h/UC/ano)*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Diorama	1783.32	Diorama	1060.21	Trombás	1219.75	Diorama	1265.20	Diorama	1520.40
Trombás	1040.02	Santa Isabel	809.69	Diorama	1109.74	Santa Isabel	1014.87	Santa Isabel	1144.13
Portelândia	986.61	Trombás	706.22	Santa Isabel	967.87	Trombás	928.31	Simolândia	965.03
Santa Isabel	918.92	Portelândia	687.39	Portelândia	838.38	Portelândia	853.43	Portelândia	910.67
Aurilândia	781.42	Bom Jardim de Goiás	618.22	Santo Antônio da Barra	778.53	Simolândia	827.72	Bom Jardim de Goiás	853.68
Bom Jardim de Goiás	697.93	Simolândia	597.70	Simolândia	655.24	Bom Jardim de Goiás	734.44	Trombás	849.33
Nova América	654.68	Santa Terezinha de Goiás	582.45	Colinas do Sul	641.28	Monte Alegre de Goiás	607.21	Aurilândia	641.39
Simolândia	632.87	Aurilândia	536.52	Bom Jardim de Goiás	625.05	Santa Terezinha de Goiás	545.72	Monte Alegre de Goiás	622.73
Nova Glória	554.85	Nova América	494.90	Nova América	560.63	Gameleira de Goiás	535.93	Nova América	606.19
Porteirão	545.53	Colinas do Sul	444.36	Aurilândia	480.78	Aurilândia	519.85	Colinas do Sul	548.67

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 14 – *Municípios com menores durações de interrupções de fornecimento de energia (h/UC/ano), considerando somente valores diferentes de 0*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Caldas Novas	28.97	Caldas Novas	19.68	Pires do Rio	24.14	Leopoldo de Bulhões	19.66	Nerópolis	22.87
Inhumas	26.73	Morrinhos	19.37	Goianésia	21.60	Goiatuba	19.46	Aparecida de Goiânia	20.79
Pires do Rio	26.01	Anápolis	17.99	Novo Gama	20.35	Goianésia	18.23	Inhumas	19.32
Aparecida de Goiânia	21.82	Goiatuba	17.64	Senador Canedo	19.36	Novo Gama	18.00	Senador Canedo	18.76
Novo Gama	20.37	Aparecida de Goiânia	16.92	Anápolis	17.31	Senador Canedo	17.03	Anápolis	16.77
Anápolis	19.58	Senador Canedo	15.21	Goiânia	16.72	Goiânia	15.38	Goianira	13.07
Águas Lindas de Goiás	14.00	Goiânia	10.55	Goianira	16.30	Anápolis	13.00	Goiânia	12.34
Goiânia	13.08	Porangatu	8.08	Porangatu	8.71	Porangatu	9.16	Águas Lindas de Goiás	10.98
Porangatu	11.61	Águas Lindas de Goiás	6.66	Águas Lindas de Goiás	7.44	Águas Lindas de Goiás	7.10	Porangatu	7.75
Valparaíso de Goiás	2.54	Valparaíso de Goiás	5.07	Valparaíso de Goiás	5.29	Valparaíso de Goiás	2.49	Valparaíso de Goiás	3.23

Fonte: Elaborado pela autora.

A amplitude entre os extremos revela uma disparidade que pode superar 600 vezes, com situações onde alguns municípios experimentam mais de 1500 horas anuais de interrupção enquanto outros mantêm-se abaixo de 3 horas. Esta discrepância representa uma das maiores desigualdades observáveis em serviços públicos essenciais, com implicações profundas para desenvolvimento econômico, qualidade de vida e equidade social. A análise temporal indica que, embora alguns municípios tenham conseguido melhorias significativas - como observado em vários casos entre 2019 e 2020 - muitos outros apresentaram deterioração subsequente, sugerindo que os investimentos em melhoria da infraestrutura não foram sustentados ou que fatores externos adversos superaram os ganhos iniciais.

Nas tabelas apresentadas, os valores destacados em azul indicam municípios que apresentaram mudança no posicionamento do ranking ao longo dos anos analisados, acompanhada de avanço quantitativo nos respectivos indicadores de desempenho energético. Por outro lado, os valores destacados em vermelho correspondem a municípios que alteraram sua posição no ranking, com piora nos valores dos indicadores em comparação ao período anterior. Essa sinalização visa facilitar a interpretação dos resultados e destacar as variações significativas de desempenho entre os anos.

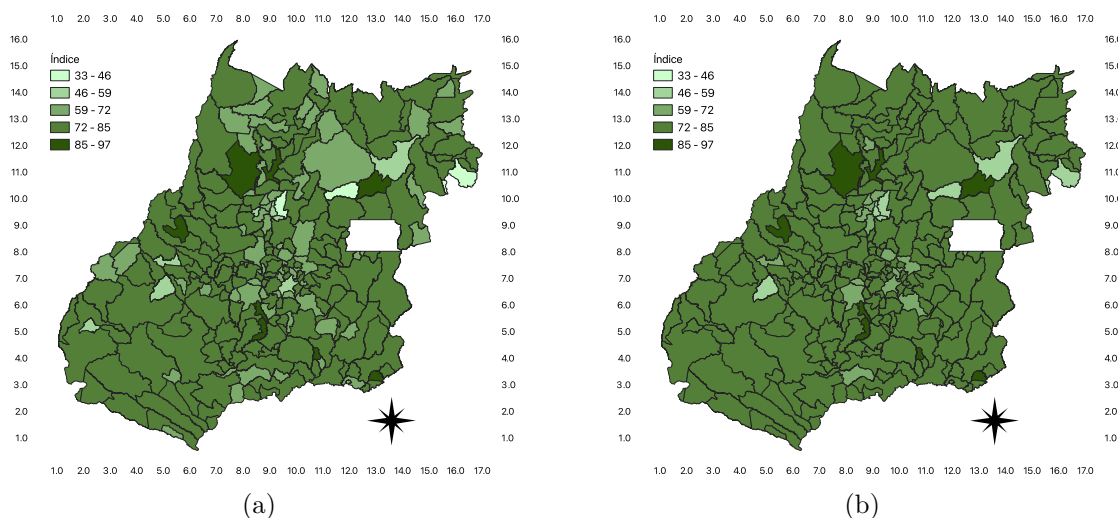
4.3 Pontuação total

A análise comparativa da pontuação total dos municípios goianos, apresentados nas Figuras 14(a) e 14(b) revela padrões significativos na evolução do desempenho energético dos municípios goianos entre 2019 e 2023. Os resultados demonstram uma dinâmica territorial complexa, caracterizada por trajetórias diferenciadas de desenvolvimento energético sustentável ao longo do período analisado.

Observa-se uma tendência geral de melhoria no desempenho energético municipal, evidenciada pela redução do número de municípios nas faixas de pontuação mais baixas (33-46 pontos) e pelo aumento daqueles nas categorias intermediárias e superiores. Esta evolução positiva sugere a implementação de políticas públicas efetivas e investimentos em infraestrutura energética durante o quadriênio estudado.

A distribuição espacial das pontuações revela a persistência de disparidades regionais significativas. As regiões norte e noroeste do estado mantiveram consistentemente pontuações superiores, concentrando municípios nas faixas de 72-85 e 85-97 pontos em ambos os períodos. Esta configuração espacial indica a existência de clusters de excelência energética, possivelmente associados a fatores como disponibilidade de recursos naturais, investimentos em energia renovável e políticas regionais específicas.

Figura 14 – Pontuação total por município em 2019 (a) e 2023 (b).



Fonte: Elaborado pela autora.

Paralelamente, identifica-se a consolidação de uma região de menor desempenho na porção centro-sul do estado, onde vários municípios permaneceram nas faixas de pontuação mais baixas. Esta persistência de disparidades territoriais sugere a necessidade de políticas públicas direcionadas para reduzir as desigualdades regionais no acesso e eficiência energética.

Um aspecto particularmente relevante é a identificação de municípios que apresentaram trajetórias de melhoria significativa entre os dois períodos, transitando de categorias inferiores para superiores. Estes casos representam experiências bem-sucedidas que podem servir como modelos replicáveis para outras localidades. Inversamente, alguns municípios demonstraram retrocessos em suas pontuações, indicando a necessidade de investigação das causas deste declínio e implementação de medidas corretivas.

Estes resultados evidenciam a importância de abordagens territorialmente diferenciadas para o planejamento energético estadual, reconhecendo as especificidades regionais e promovendo estratégias adaptadas às realidades locais.

As Tabelas 15 e 16 apresentam uma perspectiva complementar à análise espacial, revelando a dinâmica temporal dos municípios que ocupam as posições extremas no ranking entre 2019 e 2023.

O grupo de municípios com melhor desempenho energético demonstra estabilidade hierárquica, com Ouvidor mantendo consistentemente a liderança estadual ao longo de todo o período analisado. Suas pontuações, variando entre 94,25 e 97,72 pontos, evidenciam não somente excelência sustentada, mas também capacidade de manutenção de padrões elevados de eficiência energética. Esta consistência sugere a

presença de políticas públicas consolidadas e infraestrutura energética robusta.

Pilar de Goiás, Edealina e Cezarina formam um grupo secundário de aloa desempenho, mantendo-se consistentemente entre as cinco primeiras posições. A alternância nas posições específicas entre estes municípios ao longo dos anos indica competitividade no segmento de excelência, com variações pontuais que podem refletir investimentos específicos ou flutuações nos indicadores componentes do score.

Um aspecto relevante é a entrada de novos municípios no grupo de elite, como Matrinchã em 2023, substituindo Silvânia que estava presente em 2019. Esta rotatividade, embora limitada, sugere que a excelência energética é alcançável por meio de esforços direcionados, oferecendo perspectivas otimistas para outros municípios.

O cenário dos municípios com menor desempenho revela padrões preocupantes de persistência estrutural de deficiências energéticas. Quatro municípios - Mimoso de Goiás, Palestina de Goiás, São João d'Aliança e Sítio d'Abadia - apresentam pontuações estagnadas em 50,00 ou 33,33 pontos por períodos prolongados, indicando ausência de melhorias significativas em seus sistemas energéticos.

Esta estagnação é particularmente notável em Mimoso de Goiás, Palestina de Goiás e São João d'Aliança, que mantiveram exatamente 50,00 pontos de 2020 a 2023, sugerindo possíveis limitações estruturais ou ausência de investimentos em infraestrutura energética. Sítio d'Abadia apresentou uma evolução de 33,33 para 50,00 pontos em 2022, mantendo-se neste patamar, demonstrando capacidade de melhoria, ainda que limitada.

Por outro lado, observa-se uma dinâmica positiva entre alguns municípios que transitaram para fora do grupo de menor desempenho. Goiânia, por exemplo, evoluiu de 57,83 pontos em 2019 para 61,97 em 2023. Esta trajetória ascendente da capital estadual é particularmente significativa, considerando seu porte populacional e complexidade urbana.

Tabela 15 – *Municípios com maiores pontuações*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Ouvidor	97,34	Ouvidor	97,72	Ouvidor	94,25	Ouvidor	96,99	Ouvidor	97,12
Pilar de Goiás	90,98	Pilar de Goiás	91,68	Edealina	90,97	Edealina	91,65	Edealina	90,90
Edealina	89,13	Edealina	91,45	Pilar de Goiás	89,48	Pilar de Goiás	89,99	Cezarina	89,02
Cezarina	87,91	Cezarina	88,50	Cezarina	88,54	Cezarina	89,11	Pilar de Goiás	88,13
Água Fria de Goiás	85,77	Água Fria de Goiás	85,89	Água Fria de Goiás	85,92	Água Fria de Goiás	86,16	Água Fria de Goiás	86,37
Crixás	85,16	Crixás	85,69	Crixás	85,41	Crixás	85,74	Crixás	85,98
Rio Quente	84,78	Santa Fé de Goiás	84,95	Santa Fé de Goiás	84,75	Santa Fé de Goiás	84,95	Rio Quente	85,19
Santa Fé de Goiás	84,68	Rio Quente	84,12	Rio Quente	84,39	Rio Quente	84,95	Santa Fé de Goiás	85,11
Corumbáiba	83,92	Cabeceiras	84,05	Paraúna	84,13	Campo Alegre de Goiás	84,48	Matrinchã	84,38
Silvânia	83,89	Corumbáiba	84,01	Cabeceiras	84,10	Cabeceiras	84,25	Cabeceiras	84,30

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 16 – *Municípios com menores pontuações*

2019		2020		2021		2022		2023	
Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor	Município	Valor
Nova América	59,87	Nerópolis	63,17	Nova Glória	64,05	Anápolis	66,13	Anápolis	65,96
Bom Jardim de Goiás	59,62	Caturai	63,12	Bom Jesus de Goiás	63,95	Valparaíso de Goiás	65,76	Bela Vista de Goiás	65,83
Valparaíso de Goiás	58,97	Colinas do Sul	62,77	Panamá	63,89	Bela Vista de Goiás	65,39	Bom Jesus de Goiás	63,71
Goiânia	57,83	Goiânia	59,05	Nerópolis	63,44	Nova Glória	64,58	Nova Glória	62,10
Portelândia	57,60	Valparaíso de Goiás	57,57	Valparaíso de Goiás	62,44	Bom Jesus de Goiás	64,01	Goiânia	61,97
Palestina de Goiás	50,00	Diorama	55,96	Goiânia	59,84	Goiânia	61,88	Valparaíso de Goiás	60,90
São João d'Aliança	50,00	Mimoso de Goiás	50,00	Mimoso de Goiás	50,00	Mimoso de Goiás	50,00	Mimoso de Goiás	50,00
Diorama	49,08	Palestina de Goiás	50,00	Palestina de Goiás	50,00	Palestina de Goiás	50,00	Palestina de Goiás	50,00
Mimoso de Goiás	33,33	São João d'Aliança	50,00	São João d'Aliança	50,00	São João d'Aliança	50,00	São João d'Aliança	50,00
Sítio d'Abadia	33,33	Sítio d'Abadia	33,33	Sítio d'Abadia	33,33	Sítio d'Abadia	50,00	Sítio d'Abadia	50,00

Fonte: Elaborado pela autora.

Implementação do *Dashboard*

Como parte das contribuições do trabalho, foi desenvolvido um dashboard interativo utilizando a ferramenta Power BI, visando facilitar a visualização dos indicadores energéticos dos 246 municípios do estado de Goiás. A interface permite a seleção individual de municípios, possibilitando uma análise detalhada e personalizada de cada localidade. Além disso, é possível filtrar os dados por ano (2019 a 2023), favorecendo a análise temporal do desempenho energético municipal.

O painel exibe informações fundamentais como população estimada e posição no ranking geral de desempenho energético, e apresenta também os seis indicadores selecionados e apresentados pela norma ABNT NBR ISO 37120. Esses dados são exibidos por meio de gráficos de barras e curvas de distribuição, facilitando a comparação entre os municípios e a identificação de padrões de desempenho.

A visualização permite ao usuário observar os municípios com maior e menor consumo nos respectivos indicadores, bem como aqueles com maior vulnerabilidade no fornecimento de energia. O painel de ranking geral e o total populacional são mantidos para contextualização dos dados por município, reforçando a integração entre os diversos indicadores.

Essa abordagem visual contribui para uma compreensão mais abrangente das ineficiências e desafios energéticos enfrentados pelos municípios goianos, além de subsidiar análises mais direcionadas no campo da gestão pública e da sustentabilidade energética. Cada indicador é apresentado por meio de gráficos e valores numéricos, permitindo a rápida identificação de padrões, tendências e pontos críticos.

A funcionalidade de ranking e o destaque automático de municípios com melhores e piores desempenhos permitem uma avaliação comparativa entre localidades. A visualização gráfica facilita a interpretação dos dados e complementa a análise quantitativa dos scores, promovendo maior clareza na identificação de práticas eficientes e na detecção de desigualdades no acesso ou uso da energia.

Assim, o dashboard atua como uma ferramenta complementar essencial para a análise dos indicadores energéticos, fortalecendo a proposta de avaliação baseada

em evidências e contribuindo para o monitoramento e planejamento energético ao nível municipal.

O dashboard foi concebido em seções, cada uma com foco em diferentes aspectos da análise energética.

5.1 Painel de apresentação

O painel de apresentação, mostrado na Figura 15, descreve os principais indicadores energéticos considerados na análise dos municípios do estado de Goiás, com base na norma ABNT NBR ISO 37120.

Figura 15 – *Capa do dashboard*



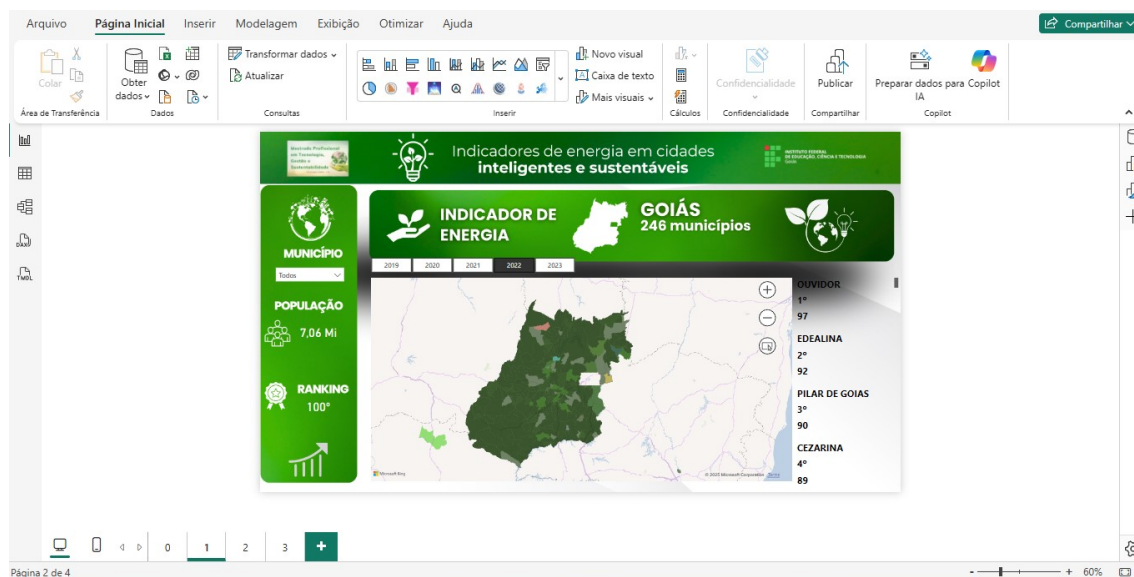
Fonte: Elaborado pela autora.

Neste painel são destacados os seis indicadores: consumo de energia per capita, percentual de energia renovável, cobertura do fornecimento de energia elétrica, consumo energético em edifícios públicos, consumo de energia em vias públicas e tempo de interrupção no fornecimento de energia.

5.2 Mapa interativo

Na parte central da interface, encontra-se um mapa interativo com destaque para os 246 municípios goianos, como mostra a Figura 16.

Este painel facilita a identificação geográfica e permite o cruzamento dinâmico de informações com os dados tabulares dispostos à direita. Esse recurso permite, por exemplo, que o usuário selecione um município no mapa e visualize

Figura 16 – *Mapa interativo no dashboard*

Fonte: Elaborado pela autora.

instantaneamente seu desempenho no ranking geral, além de dados específicos populacionais e sua pontuação calculada.

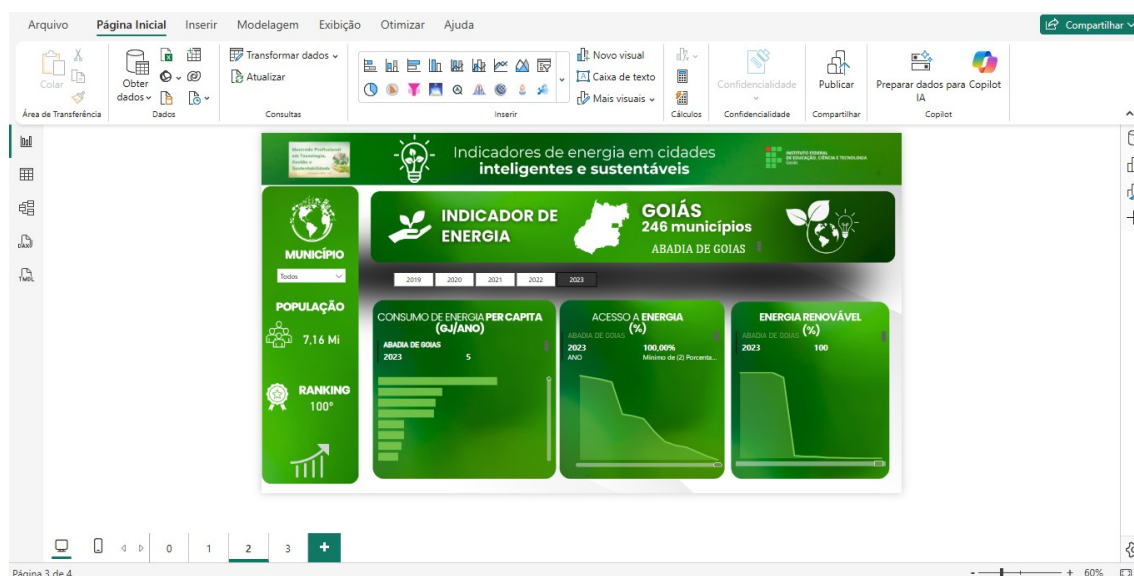
À direita do painel, está disponível o ranking dos municípios baseado na pontuação total. Essa classificação permite identificar os municípios com melhor desempenho em termos de sustentabilidade, acesso à energia, eficiência no consumo e participação de fontes renováveis. A ferramenta interativa viabiliza a navegação por diferentes anos, por meio de filtros superiores, oferecendo uma análise temporal da evolução dos indicadores energéticos.

O painel à esquerda apresenta dados gerais do estado, como a população total estimada no período analisado e a posição média do estado no ranking geral. Além disso, o filtro “Município” possibilita a seleção individual de localidades, tornando a análise ainda mais específica e personalizada.

5.3 Painel de indicadores - Parte 1

O terceiro painel do dashboard, mostrado na Figura 17, apresenta os três primeiros indicadores, permitindo a visualização e comparação de dados entre os 246 municípios goianos, conforme os princípios das normas ABNT NBR ISO 37120.

A interface possibilita a seleção individual de municípios, como exemplificado com Abadia de Goiás, e apresenta filtros temporais de 2019 a 2023, o que permite uma análise evolutiva dos indicadores ao longo dos anos. São exibidos os três indicadores principais apresentados pela norma, o consumo de energia per capita (GJ/ano), a porcentagem de acesso à energia elétrica (% da população com

Figura 17 – *Primeiro painel de indicadores no dashboard*

Fonte: Elaborado pela autora.

fornecimento regular) e o percentual de energia renovável. Além disso, há informações complementares como o total populacional e a posição relativa do município em um ranking geral.

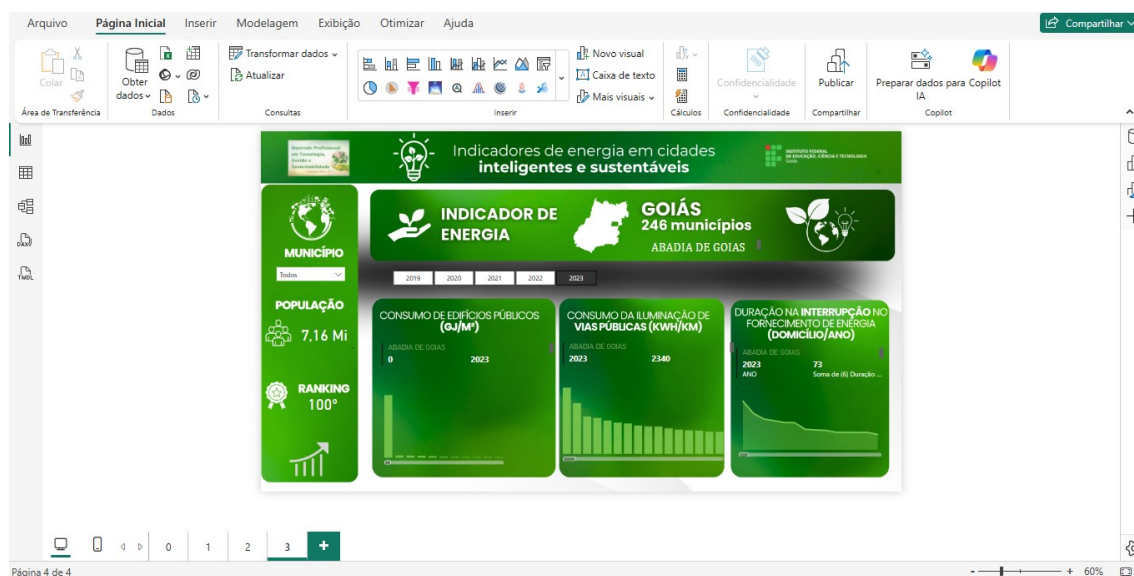
Essa visualização integrada oferece benefícios para a formulação de políticas públicas no estado de Goiás. Ao permitir o diagnóstico individualizado de cada município, a ferramenta fornece subsídios objetivos para identificar padrões de consumo, lacunas de infraestrutura e boas práticas em gestão energética. Ademais, ao facilitar o acompanhamento histórico dos indicadores, o painel possibilita avaliar a efetividade de políticas públicas implementadas e ajustar estratégias futuras, contribuindo para uma transição energética mais eficiente, sustentável e alinhada aos ODSs.

5.4 Painel de indicadores - Parte 2

O quarto painel do dashboard, mostrado na Figura 18, foca na visualização de indicadores energéticos complementares, essenciais para o diagnóstico da eficiência e da qualidade dos serviços públicos nos municípios goianos.

A interface permite selecionar o município desejado e analisar três indicadores específicos referentes aos anos de 2019 a 2023 que são o consumo de energia em edifícios públicos (GJ/m²), o consumo energético da iluminação de vias públicas (kWh/km) e a duração das interrupções no fornecimento de energia elétrica por domicílio (horas/ano). Esses indicadores refletem diretamente a gestão da infraestrut-

Figura 18 – Segundo painel de indicadores no dashboard



Fonte: Elaborado pela autora.

tura urbana, revelando tanto o nível de eficiência no uso da energia em instalações públicas quanto a confiabilidade do serviço prestado à população.

A análise desses dados oferece benefícios substanciais para o planejamento energético e urbano no estado de Goiás. Ao identificar municípios com elevado consumo público ou longas interrupções no fornecimento, gestores podem direcionar investimentos para modernização de sistemas, adoção de soluções sustentáveis e políticas de eficiência energética. Por outro lado, municípios com indicadores positivos tornam-se referências para práticas de boa governança. Dessa forma, o dashboard contribui para o fortalecimento da gestão baseada em evidências, promovendo uma abordagem estratégica na administração dos recursos públicos e alinhando os municípios às metas de sustentabilidade urbana e energética estabelecidas pelos ODSs.

Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivo analisar o desempenho energético dos municípios do estado de Goiás através dos indicadores definidos pela norma ABNT NBR ISO 37120, utilizando recursos tecnológicos de visualização interativa para promover uma leitura crítica e comparativa dos dados. Ao integrar os princípios das cidades inteligentes, sustentáveis e resilientes com ferramentas de BI, buscou-se criar uma metodologia que quantificasse o desempenho energético municipal, e, além disso, oferecesse subsídios efetivos para o planejamento urbano e a formulação de políticas públicas.

A metodologia adotada combinou coleta de dados em fontes oficiais, tratamento estatístico, cálculo padronizado de indicadores e desenvolvimento de um dashboard interativo no Power BI. Os indicadores selecionados abrangeram aspectos como consumo per capita de energia, participação de fontes renováveis na matriz local, cobertura do fornecimento elétrico, consumo em vias públicas e edificações públicas, e duração média das interrupções no fornecimento.

A principal contribuição deste trabalho reside na criação de uma ferramenta prática, acessível e replicável, que preenche uma lacuna identificada na literatura e na aplicação da norma ISO 37120. Enquanto a maioria dos estudos anteriores abordava os indicadores de forma isolada ou meramente descritiva, esta pesquisa promoveu uma operacionalização integrada e visual, que permite seu uso direto por gestores públicos e técnicos municipais.

No que se refere às limitações do trabalho, destaca-se a escassez e inconsistência de dados em alguns municípios, o que exigiu o tratamento de lacunas por meio da atribuição de valores nulos. Essa abordagem, embora metodologicamente válida, impacta os resultados e reforça a necessidade de maior padronização na disponibilização de dados públicos por parte das prefeituras e concessionárias.

Outra limitação observada foi a ausência de alguns indicadores complementares presentes nas normas ISO 37122 e 37123, como a porcentagem de edifícios com medidores inteligentes ou a capacidade de armazenamento da rede. Esses dados, muitas vezes indisponíveis no contexto municipal brasileiro, ainda representam

um desafio para análises mais avançadas e completas.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o aprimoramento da plataforma com a inclusão de novos indicadores, especialmente os previstos nas normas ISO 37122 e 37123. Além disso, a incorporação de dados qualitativos, como a percepção dos cidadãos sobre a qualidade do serviço energético, pode enriquecer a análise e permitir uma abordagem mais holística.

Também se propõe desenvolver alertas automatizados no dashboard, sinalizando automaticamente municípios que apresentem retrocessos ou riscos energéticos, contribuindo de forma preventiva para a tomada de decisão dos gestores públicos.

Outra vertente promissora para aprofundamentos é a integração da ferramenta com sistemas de georreferenciamento e sensoriamento remoto, a fim de possibilitar o cruzamento com indicadores ambientais, climáticos e sociais. Essa integração permitirá uma abordagem multissetorial e ampliará o potencial da ferramenta como instrumento de governança urbana inteligente.

Do ponto de vista acadêmico, a proposta também oferece um campo fértil para a investigação de correlações estatísticas entre os indicadores energéticos e outras variáveis socioeconômicas, como renda, escolaridade e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Tais análises podem revelar fatores estruturais que condicionam o desempenho energético das cidades e orientar intervenções mais assertivas.

Adicionalmente, a adoção da ferramenta em programas de capacitação de gestores públicos municipais pode fortalecer a cultura da tomada de decisão baseada em dados. Essa estratégia é especialmente relevante em contextos de cidades médias e pequenas, que frequentemente carecem de recursos técnicos para realizar análises aprofundadas.

Referências

ALMEIDA, Sabrina Ribeiro; CURI, Wilson Fadlo; VIEIRA, Zedna Mara de Castro Lucena; MEDEIROS, Luísa Eduarda Lucena de. Indicadores de sustentabilidade e a gestão pública, novos caminhos em busca da eficiência e do atendimento das necessidades sociais: estudo de caso dos municípios paraibanos. **REUNIR Revista De Administração Contabilidade E Sustentabilidade**, v. 8, n. 3, p. 58–67, 2018. 28

ARAÚJO, Ana Cláudia Gonçalves; SOUZA, Renata Simone Almeida de; MONTEIRO, Patricia Aparecida Martins; PAIM, Rosana Corrêa. Cidades inteligentes e sustentáveis: Análise das condições de sustentabilidade de caldas novas/goiás. **Revista Científica FESA**, v. 3, n. 23, p. 17–32, 2024. 19

ARAUJO, Mirela Suely; COELHO, Fábio; ISHISAKI, Felipe Betim. **Futuro da Energia: visão do Observatório do Clima para uma transição justa no Brasil**. [S.l.: s.n.], 2024. 15

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRISO37122 DE 07/2020 - Cidades e comunidades sustentáveis — Indicadores para cidades inteligentes**. 2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12803/abnt-nbriso37122-cidades-e-comunidades-sustentaveis-indicadores-para-cidades-inteligentes>. Acesso em: 18 jun 2025. 28, 32

_____. **NBRISO37120 DE 03/2021 - Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida**. 2021. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/11880/abnt-nbriso37120-cidades-e-comunidades-sustentaveis-indicadores-para-servicos-urbanos-e-qualidade-de-vida>. Acesso em: 18 jun 2025. 16, 28, 30

_____. **NBRISO37123 DE 01/2021 - Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades resilientes**. 2021. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12994/abnt->

nbriso37123-cidades-e-comunidades-sustentaveis-indicadores-para-cidades-resilientes. Acesso em: 18 jun 2025. 28, 33

BAARS, Henning; KEMPER, Hans-George. Management support with structured and unstructured data—an integrated business intelligence framework. **Information systems management**, Taylor & Francis, v. 25, n. 2, p. 132–148, 2008. 35

BENCKE, Luciana; CECHINEL, Cristian; MUNOZ, Roberto. Automated classification of social network messages into smart cities dimensions. **Future Generation Computer Systems**, Elsevier, v. 109, p. 218–237, 2020. 18

BESKOW, Eduardo; BELLEN, Hans Michael Van. Produção científica em sustentabilidade e energia: um estudo bibliométrico. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, v. 16, 2014. 24

BRIA, Francesca; MOROZOV, Evgeny. A cidade inteligente: tecnologias urbanas e democracia. **Ubu Editora**, 2020. 16

CALVILLO, Christian F; SÁNCHEZ-MIRALLES, Alvaro; VILLAR, Jose. Energy management and planning in smart cities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 55, p. 273–287, 2016. 14

CANTARERO, Maria Mercedes Vanegas. Of renewable energy, energy democracy, and sustainable development: A roadmap to accelerate the energy transition in developing countries. **Energy Research & Social Science**, Elsevier, v. 70, p. 101716, 2020. 16

CARDAMONE, Raquel. **Bright Cities: plataforma de diagnóstico e monitoramento de cidades inteligentes**. Campinas, Brasil (lançamento em Barcelona): [s.n.], out 2018. Lançada no Smart City Expo World Congress em outubro de 2018; desenvolvida por pesquisadores da UNICAMP; acesso em 18 jun. 2025. 24, 35

COSTA, Joan Enric Ricart; BERRONE, Pascual; FARRÉ, Carlos Carrasco. **Índice Cities in Motion 2014**. Barcelona: [s.n.], mar 2014. Elaborado em março de 2014, acesso em: 18 jun. 2025. 23

COUTO, Elisa de Almeida; GREGORIO, Leandro Torres Di; VALLE, Glauco; HADDAD, Assed Naked; SOARES, Carlos Alberto Pereira. Indicadores de desenvolvimento sustentável iso 37120: o rio de janeiro e o cenário latino-americano. **Ambiente & Sociedade**, SciELO Brasil, v. 26, p. e01322, 2023. 17

DINIZ, Bruno Pereira; PEREIRA, DAM; MORTE, Jhonatan A Boa; NETO, João Cavalcanti; ARAUJO, GM; SANTOS, Vitória Yane Silva. Utilização do

software power bi para criação de um dashboard para gerenciamento de dados dos indicadores agropecuários do ibge dos anos de 2011 à 2022. **XII Simpósio De Engenharia De Produção**, 2024. 35, 36

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Iniciativas nas cidades para o uso inteligente da energia**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-519/topico-626/IT2%20-%20Iniciativas%20na%20cidades%20para%20o%20uso%20inteligente%20da%20energia.pdf>. 15

_____. **Painel de Consumo Histórico de Energia Elétrica desde 1970**. 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/consumo-de-energia-el%3%a9trica/painel-de-consumo-historico-de-energia-eletrica-desde-1970>. Acesso em: 18 jun 2025. 26, 27

FOSTER, Vivien; TROTTER, Philipp A; WERNER, Sven; NIEDERMAYER, Melin; MULUGETTA, Yacob; ACHAKULWISUT, Ploy; BROPHY, Aoife; DUBASH, Navroz K; FANKHAUSER, Sam; HAWKES, Adam *et al.* Development transitions for fossil fuel-producing low and lower-middle income countries in a carbon-constrained world. **Nature Energy**, Nature Publishing Group UK London, v. 9, n. 3, p. 242–250, 2024. 25

GIFFINGER, Rudolf; FERTNER, Christian; KRAMAR, Hans; KALASEK, Robert; PICHLER-MILANOVIĆ, Nataša; MEIJERS, Evert. **Smart Cities: Ranking of European medium-sized cities**. Vienna: [s.n.], out 2007. Elaborado em abril-outubro de 2007, acesso via smart-cities.eu em 18 jun. 2025. 23

GLAESER, Edward L. **O triunfo da cidade**. 2. ed. São Paulo: BEI Comunicação, 2011. Tradução de Leonardo Abramovicz. ISBN 978-85-7850-136-5. 14

GOLDEMBERG, José; CHU, S. Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho. **FAPESP, Inter Academy Council**, 2010. 24

HAJDUK, S; JELONEK, D. **A Decision-Making Approach Based on TOPSIS Method for Ranking Smart Cities in the Context of Urban Energy. Energies 2021, 14, 2691**. [S.l.]: s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published ..., 2021. 23

HAJDUK, Sławomira; LITAVNIECE, Lienite. Dimensionality of an urban transport system based on iso 37120 indicators for the case of selected european cities. **Engineering Management in Production and Services**, Politechnika Białostocka. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, v. 11, n. 4, p. 80–91, 2019. 17

HÖJER, Mattias; WANGEL, Josefin. Smart sustainable cities: definition and challenges. *In: SPRINGER. ICT innovations for sustainability*. [S.l.], 2015. p. 333–349. 23, 24

IEA. Global energy review 2025. **Relatório da International Energy Agency**, 2025. 14, 15

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go.html>. Acesso em: 19 jun 2025. 38

International Institute for Management Development. **Smart City Index 2017**. Lausanne e Singapura: [s.n.], nov 2017. 24

JÚNIOR, Eduardo Cabral Guimarães. Aplicação e análise dos indicadores de transportes da norma abnt nbr iso 37120: 2017 para a cidade de uberlândia. , 2019. 17

KOMISAR, Alanna; FOX, Mark S. An energy ontology for global city indicators (iso 37120). **arXiv preprint arXiv:2008.04070**, 2020. 17

KRAMA, Márcia Regina. **Análise dos indicadores de desenvolvimento sustentável no Brasil, usando a ferramenta painel de sustentabilidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) — Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná, 2008. 35

LOBATO, Elen Priscila de Souza; SOUZA, Ana Carolina Dias Barreto de; MUSE, Larissa Paredes; BEZERRA, Ubiratan Holanda; TOSTES, Maria Emília de Lima; PAIXÃO, Ulisses Carvalho; FONSECA, Wellington Da Silva; CERQUEIRA, Eduardo; NASCIMENTO, Andréia Antloga Do. Smart city: application of the abnt nbr iso 37122: 2020 standard in the university city of ufpa. *In: IEEE. 2021 14th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)*. [S.l.], 2021. p. 1258–1265. 18

LOSEKANN, Luciano; HALLACK, Michelle Carvalho Metanias. Novas energias renováveis no brasil: desafios e oportunidades. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2018. 25

MAINARDI, Matheus Scaglia; SANTOS, Kamila; PASSUELLO, Ana; BRESSANI, Luiz Antônio. Diagnóstico indicadores de qualidade urbana de porto alegre–abnt nbr iso 37120: 2021. **ENCONTRO LATINO AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS**, p. 78–90, 2021. 17

MARTINS, Maria de Fátima; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Modelo de avaliação do nível de sustentabilidade urbana: proposta para as cidades brasileiras. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, SciELO Brasil, v. 7, n. 3, p. 397–410, 2015. 28

MÉNDEZ, Juana Isabel; PONCE, Pedro; MEDINA, Adán; PEFFER, Therese; MEIER, Alan; MOLINA, Arturo. A smooth and accepted transition to the future of cities based on the standard iso 37120, artificial intelligence, and gamification constructors. *In: IEEE. 2021 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS)*. [S.l.], 2021. p. 65–71. 18

Microsoft Corporation. **Power BI**. 2025. Disponível em: <https://app.powerbi.com>. Acesso em: 19 jun. 2025. 35

MIDOR, Katarzyna; PŁAZA, Grażyna. Moving to smart cities through the standard indicators iso 37120. **Multidisciplinary Aspects of Production Engineering**, STE GROUP, v. 3, n. 1, 2020. 17

MÜLLER, Letícia; SILVA, Thaísa Leal da; RIBEIRO, Lauro André. Sustainable community development-applicability and global contextualization of urban indicators. **Brazilian Journal of Management/Revista de Administração da UFSM**, v. 13, 2020. 18

OLIVEIRA, Víctor Henriques de; TAVARES, Ricardo de Souza; TAVARES, Luís Antônio. Demanda residencial por energia elétrica no brasil (2004-2015). **Revista Catarinense de Economia**, v. 2, n. 1, p. 142–162, 2018. 27

ONU HABITAT. **Relatório Anual ONU-Habitat Brasil 2022**. 2022. Disponível em: <https://relatorio-anual-2022.netlify.app/>. Acesso em: 18 jan 2025. 22

OpenStreetMap contributors. **OpenStreetMap**. 2024. Acesso em: 14 jul 2025. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org>. 40

PINANGE, Larissa Rodrigues Costa. **Setor Bueno sob uma perspectiva sustentável: Um estudo de caso**. Monografia (Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022. 19

PIVA, Rodrigo Barcellos. **Economia ambiental sustentável: os combustíveis fósseis e as alternativas energéticas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. 25

Rede Nossa São Paulo. **Programa Cidades Sustentáveis: plataforma e Carta-Compromisso para gestão urbana sustentável**. São Paulo, Brasil: [s.n.], jun 2012. Lançado em junho de 2012 com apoio de parcerias público-privadas; acesso em 18 jun. 2025. 24

SARUBBI, Michele Puga. Bacharelado em Engenharia Ambiental, **Avaliação comparativa de metodologias de indicadores para a gestão ambiental urbana**. 2016. 15

SILVA, José Paulo Medeiros da; BAGGIO, Daniel Knebel. Cidades inteligentes: uma revisão sobre conceitos, indicadores e estudos de caso. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 11, p. 25740–25759, 2023. 23, 24

SOKOLOVA, Marina; LAPALME, Guy. A systematic analysis of performance measures for classification tasks. **Information processing & management**, Elsevier, v. 45, n. 4, p. 427–437, 2009. 18

SOUZA, Ana Paula. de. Faculdade de Tecnologia, **Uma Matriz da Cidade Inteligente: Proposta Metodológica para Processos de Melhoria Contínua na Cidade Sede da Tecnologia Aeroespacial Brasileira, São José dos Campos, Brasil**. 2023. 23, 34

STEFANI, Silvio Roberto; VALE, João Paulo Seara Sequeira do; SANTOS, Paula Cristina da Costa; FERREIRA, Reinaldo Manuel Lopes Dias; CHIUSOLI, Claudio Luiz; RODRIGUES, Claudia Susana Ribeiro *et al.* Iso 37120 indicators for sustainable cities: Brazil and portugal. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Centro Universitário da FEI, Revista RGSA, v. 18, n. 4, p. 1–21, 2024. 17

TACHIZAWA, Takeshy. Cidades inteligentes e sustentáveis e o avanço das tecnologias urbana. **Revista Conecta**, v. 7, n. 1, p. 35–52, 2024. 23

TSOLAKIS, Naoum; ANTHOPOULOS, Leonidas. Eco-cities: An integrated system dynamics framework and a concise research taxonomy. **Sustainable Cities and Society**, Elsevier, v. 17, p. 1–14, 2015. 25

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2024**. Brasil, dez 2024. 23

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. [S.l.]: FGV editora, 2005. 34

ZAKARI, Abdulrasheed; KHAN, Irfan; TAN, Duojiang; ALVARADO, Rafael; DAGAR, Vishal. Energy efficiency and sustainable development goals (sdgs). **Energy**, Elsevier, v. 239, p. 122365, 2022. 26