

**INSTITUTO FEDERAL  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
Bahia

Campus  
Jacobina

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA BAHIA *CAMPUS JACOBINA***

**ENERGIA LIMPA E PLANEJAMENTO URBANO: JACOBINA COMO  
MODELO DE CIDADE INTELIGENTE E RESILIENTE**

**Jacobina**

**2025**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA BAHIA *CAMPUS JACOBINA***

**ENERGIA LIMPA E PLANEJAMENTO URBANO: JACOBINA COMO  
MODELO DE CIDADE INTELIGENTE E RESILIENTE**

**Jacobina**

**2025**

## **DADOS PRINCIPAIS**

**Início da Execução:** 07/07/2025

**Término da Execução:** 03/10/2025

**Eixo Tecnológico:** Controle e Processos Industriais (Eletromecânica); Informação e Comunicação (Informática); Recursos Naturais (Mineração) e Ambiente, Saúde e Segurança; Recursos Naturais.

**Áreas do conhecimento:** Interdisciplinar e Transdisciplinar (Ciências Humanas, Exatas e da Terra).

**Área Temática:** Tecnologia e Sustentabilidade na Formação Técnica Profissional.

**Tema Central:** Leitura crítica da sustentabilidade e das tecnologias aplicadas nos eixos da eletromecânica, informática e mineração.

**Modalidade da Proposta:** Projeto.

## SUMÁRIO

<b>1. RESUMO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
2.1 JUSTIFICATIVA.....	4
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>5</b>
3.1 CIDADES RESILIENTES.....	5
3.1.1 O que são cidades resilientes?.....	5
3.1.2 Serviços públicos insuficientes.....	7
Estratégias para Cidades Resilientes com Serviços Insuficientes.....	7
3.1.3 Estratégias para Cidades Resilientes.....	8
Exemplos de Cidades Resilientes.....	9
Papel do Cidadão na Resiliência Urbana.....	9
3.1.4 Governança e Resiliência Urbana.....	10
Governança Inteligente: um caminho para a Resiliência.....	10
3.2 CIDADES INTELIGENTES.....	11
3.2.1 Introdução.....	11
3.2.2 O que são cidades inteligentes?.....	11
3.2.3 Setor energético eficiente em uma cidade inteligente.....	12
3.2.4 Mobilidade urbana sustentável.....	13
3.2.5 O papel da educação e da conscientização ambiental na construção de uma cidade inteligente.....	14
3.2.6 Implantação de energia limpa e distribuição inteligente de iluminação em bairros de Jacobina.....	14
3.2.7 Conclusão.....	15
3.3 MODELAGEM EM BIM.....	15
3.3.1 Conceito e aplicação do BIM em cidades sustentáveis.....	15
3.3.2 Evolução do BIM para CIM (City Information Modeling).....	19
3.3.3 BIM como ferramenta de análise energética e retrofit.....	21
3.3.4 Aplicação na maquete de Jacobina.....	23
3.3.5 Conclusão.....	24
3.4 MODELAGEM EM TIM.....	25
3.4.1 Definição de TIM no contexto do trabalho.....	25
3.4.2 Conceitos Fundamentais de Modelagem.....	26
3.4.3 Processo de Modelagem.....	27
3.4.4 Ferramentas e Técnicas.....	28
3.4.5 Aplicações da Modelagem.....	29
3.4.6 Desafios e Limitações da Modelagem.....	29
3.4.7 Conclusão.....	30
3.5 SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RECURSOS.....	31
3.5.1 Principais Princípios da Sustentabilidade Urbana.....	31

<b>3.5.2 Gestão Inteligente dos Recursos Naturais.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5.3 Energia renovável e sistemas inteligentes de distribuição.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5.4 Monitoramento e controle da poluição (ar, solo, água).....</b>	<b>35</b>
<b>3.5.5 Gestão de Resíduos sólidos.....</b>	<b>36</b>
<b>3.5.6 Eficiência Energética E Infraestruturas Inteligentes.....</b>	<b>37</b>
<b>3.5.7 Mobilidade Urbana Sustentável.....</b>	<b>39</b>
<b>3.5.8 Governança e Políticas Públicas Sustentáveis.....</b>	<b>40</b>
<b>3.5.9 Desafios e Perspectivas Futuras.....</b>	<b>41</b>
<b>3.6 GESTÃO DE CIDADES.....</b>	<b>42</b>
<b>    3.6.1 Definição.....</b>	<b>42</b>
<b>    3.6.2 Formas de ampliar a eficiência energética em cidades inteligentes.....</b>	<b>43</b>
<b>    3.6.3 Gestão da distribuição de energia em cidades inteligentes.....</b>	<b>43</b>
<b>    3.6.4 Gestão de energia em Jacobina.....</b>	<b>44</b>
<b>3.7 MAPEAMENTO DA CIDADE/MUNICÍPIO DE JACOBINA.....</b>	<b>45</b>
<b>    3.7.1 História:.....</b>	<b>45</b>
<b>    3.7.2 Indicadores Demográficos e Socioeconômicos de Jacobina (BA).....</b>	<b>46</b>
Nível de Ensino.....	48
Indicadores de Vulnerabilidade – Jacobina (2000 e 2010).....	49
<b>    3.7.3 Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos em Jacobina (BA).....</b>	<b>51</b>
Tabela x Cobertura e Atendimento da Coleta de Lixo em Jacobina (2022).....	51
Tabela x – Indicadores de Geração e Reciclagem de Resíduos em Jacobina (2022).....	52
<b>    3.7.4 Diagnóstico do Esgotamento Sanitário em Jacobina (BA).....</b>	<b>53</b>
Tabela x – Tipos de Esgotamento em Jacobina (2022).....	53
Tabela x – Déficit de Atendimento e Cobertura do Esgotamento Sanitário em Jacobina (2022).....	53
Tabela x – Indicadores Operacionais e Impacto Ambiental do Esgotamento Sanitário em Jacobina (2022).....	54
<b>    3.7.5 Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água em Jacobina.....</b>	<b>55</b>
Tabela x – Indicadores do Abastecimento de Água em Jacobina (2022).....	55
<b>    3.7.6 Hidrografia:.....</b>	<b>56</b>
Figura 1: Hidrografia Predominante em Jacobina.....	57
Figura 2: Domínio Hidrogeológicos de Jacobina.....	59
<b>    3.7.7 Jacobina: Clima e Vegetação.....</b>	<b>59</b>
Figura 3. Gráfico Gráfico de Temperatura Média Mensal e Climático Jacobina.....	60
Figura 5: Vegetação de Jacobina.....	63
<b>    3.7.8 Economia e problemas.....</b>	<b>64</b>
Receita Municipal – LOA 2024 (Jacobina) - Jacobina arrecada quase meio bilhão de reais/ano.....	65
Fonte de Receita.....	65
Estrutura de Despesas – LOA 2024.....	65
<b>    3.7.9 Projeto Santa Diana.....</b>	<b>68</b>

Tabela 1: Detalhes técnicos do Parque Eólico Ventos de Santa Diana - Fonte: GEM Wiki (2025).....	69
Tabela 2: Localização das fases do projeto - Fonte: GEM Wiki (2025).....	70
<b>3.8 PLANEJAMENTO DE GESTÃO DE RISCO.....</b>	<b>71</b>
Regulamentações internacionais.....	71
Regulamentações nacionais.....	71
Regulamentações Setoriais e Locais.....	71
Iluminação pública de Jacobina.....	72
Principais Riscos em Usinas Eólicas.....	72
Etapas da Gestão de Risco.....	74
<b>4 ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....</b>	<b>75</b>
<b>4.0.1 Iluminação Pública com Energia Solar.....</b>	<b>75</b>
Figura 6.....	76
Tabela 2 – Parâmetros práticos de iluminação pública em cidades de médio porte.....	78
Fornecedor / Modelo.....	78
Tabela 1 – Custos acumulados em 10 anos (100 postes).....	79
Indicador / / Valor estimado.....	80
<b>4.0.2 ILUMINAÇÃO PÚBLICA E SUSTENTABILIDADE.....</b>	<b>81</b>
<b>4.0.3 Iluminação Pública Sustentável e Gestão de Riscos em Jacobina.....</b>	<b>83</b>
Tabela x – Comparação entre lâmpadas LED e convencionais.....	83
Tabela x – Potencial da energia solar em Jacobina.....	84
<b>4.1 FUNCIONAMENTO DO ARDUINO.....</b>	<b>86</b>
<b>4.1.1 Uso de Arduino Aplicado à Iluminação Inteligente.....</b>	<b>87</b>
<b>4.2 MINI MAQUETE DE JACOBINA.....</b>	<b>88</b>
<b>4.2.1 Objetivo Geral da Maquete.....</b>	<b>88</b>
<b>4.2.2 Região da maquete.....</b>	<b>88</b>
Bairro Catuaba.....	88
Bairro Jacobina II.....	89
Região do Instituto Federal/Mercado Mix.....	89
<b>5.Objetivos.....</b>	<b>90</b>
5.1 Objetivo Geral.....	91
5.2 Objetivo Específico.....	91
<b>6.1 Cronograma simplificado.....</b>	<b>91</b>

## 1. RESUMO

Este projeto tem como objetivo analisar e propor soluções para que Jacobina avance em direção a um modelo de cidade inteligente, resiliente e sustentável, com ênfase na modernização da iluminação pública a partir do uso de energia limpa. A pesquisa, desenvolvida no eixo da Eletromecânica, busca integrar tecnologia, inovação e planejamento urbano como instrumentos capazes de enfrentar os principais desafios sociais e ambientais que afetam o município.

Entre os problemas identificados, destacam-se o saneamento básico precário, a coleta de lixo insuficiente, a falta de abastecimento de água em determinados bairros, a mortalidade infantil e a violência urbana. Esses fatores estão diretamente ligados à fragilidade da infraestrutura local e à carência de políticas públicas eficientes. Nesse contexto, a iluminação pública deficiente tem impacto significativo, aumentando a insegurança, a criminalidade e os acidentes de trânsito.

Para responder a essas questões, o projeto propõe a adoção de postes com energia solar, sistemas inteligentes de controle e o uso de tecnologias digitais como BIM (Building Information Modeling) e TIM (Tecnologias da Informação e Modelagem), aplicados na construção de uma maquete interativa de Jacobina. A proposta pretende contribuir para a eficiência energética, a segurança urbana e a inclusão social, oferecendo caminhos concretos para a transformação sustentável da cidade.

**Palavras-chave:** sustentabilidade; cidades inteligentes; iluminação pública; energia limpa; Jacobina.

## 2. INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada tem imposto novos desafios às cidades brasileiras, sobretudo no que se refere à oferta de serviços essenciais, mobilidade urbana, saneamento básico e segurança pública. Nesse cenário, os conceitos de cidade inteligente e resiliente ganham destaque como

estratégias para conciliar desenvolvimento econômico, inclusão social e preservação ambiental.

O presente projeto, desenvolvido por estudantes do Instituto Federal da Bahia – Campus Jacobina, busca investigar como a aplicação de tecnologias sustentáveis pode auxiliar na melhoria da qualidade de vida da população local. A proposta concentra-se na modernização da iluminação pública por meio da utilização de energia solar e de sistemas inteligentes de controle, associando-os ao planejamento urbano apoiado por ferramentas digitais como BIM (Building Information Modeling) e TIM (Tecnologias da Informação e Modelagem).

A construção de uma maquete digital interativa da cidade constitui a parte prática do trabalho, permitindo simular soluções voltadas à eficiência energética, à mobilidade e à segurança. Dessa forma, o estudo contribui não apenas para a formação acadêmica dos estudantes de Eletromecânica, mas também para o debate sobre a construção de um futuro urbano mais sustentável para Jacobina.

## **2.1 JUSTIFICATIVA**

A escolha do tema se justifica pela urgência em enfrentar os problemas sociais e ambientais que comprometem a qualidade de vida em Jacobina. A precariedade do saneamento básico, a falta de abastecimento regular de água em algumas localidades, a coleta de lixo insuficiente e os impactos da poluição contribuem para índices preocupantes, como a mortalidade infantil e a incidência de doenças relacionadas à falta de infraestrutura. Além disso, a violência urbana e a desigualdade social evidenciam a necessidade de políticas e práticas inovadoras que promovam a inclusão e a segurança.

A iluminação pública deficiente é um dos fatores que intensificam esses desafios, pois está diretamente ligada ao aumento da criminalidade, à insegurança em espaços urbanos e aos acidentes de trânsito. Nesse sentido, a implantação de soluções sustentáveis, como postes de iluminação com energia solar e sistemas inteligentes de controle, representa uma alternativa viável, eficiente e de baixo custo para a realidade do município.

O eixo da Eletromecânica assume papel estratégico nesse processo, ao permitir a aplicação prática de tecnologias como automação por Arduino e modelagem digital (BIM e TIM). A

maquete de Jacobina, além de recurso pedagógico, serve como protótipo para planejar melhorias em iluminação, saneamento, gestão de resíduos e eficiência energética.

Assim, este projeto transcende o campo acadêmico, ao integrar teoria e prática para propor caminhos reais rumo a uma Jacobina mais sustentável, segura e inovadora, capaz de atender às demandas presentes e futuras de sua população.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 CIDADES RESILIENTES**

**(parte 1 - Franciele Benevides)**

##### **3.1.1 O que são cidades resilientes?**

As cidades resilientes são cidades que possuem a capacidade de se adaptar para prever desastres naturais e trabalham se preparando para lidar com eles, absorvendo o conhecimento do que houve no passado e criando planos de ação que possam ser usados no futuro. O conceito ganhou força em 2010, com a iniciativa Construindo Cidades Resilientes, da ONU. A urbanização avança a passos largos e, até 2050, mais de 70% da população mundial viverá em áreas urbanas. Por isso, o cenário pede um planejamento capaz de unir crescimento com segurança e desenvolvimento com sustentabilidade.

Ser resiliente significa ter sistemas integrados, uma gestão preparada e comunidades engajadas. Os edifícios, ruas e serviços precisam funcionar em sintonia para minimizar riscos e proteger vidas. Quando o inesperado acontecer, a cidade prontamente responderá. Aprenderá, evoluirá e se fortalece para o próximo desafio. Ou seja, são cidades que conseguem retornar a sua forma natural após passar por situações drásticas. Quanto mais pessoas uma cidade receber sem estar preparada para ter resiliência, mais vulnerável essa população estará.

Por isso, além de trabalharem para minimizar o impacto dos desastres naturais, as cidades resilientes fornecem para os habitantes residências adequadas e regulares, que seguem os

padrões e normas de segurança. O local dessas construções é escolhido para correr os menores riscos, por essa razão, as casas não ficam próximas a planícies, onde possam ocorrer inundações, nem a encostas íngremes, que podem acontecer deslizamentos de terra.

Cidades resilientes podem apresentar riscos quando a infraestrutura e as políticas de planejamento não acompanham o crescimento desordenado, quando há falta de participação social e investimento em ações preventivas, ou ainda quando se dependem de "soluções de engenharia excessivas" em vez de integrar recursos naturais na sua proteção. **A Resiliência não é uma condição estática**, exigindo monitoramento constante para adaptar-se a novas ameaças e garantir que os investimentos e ações efetivamente reduzam a vulnerabilidade da população.

As cidades resilientes, em vez de oferecerem problemas ambientais, **são projetadas para resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se dos efeitos de desafios ambientais** como enchentes, secas, e outros desastres climáticos, agindo como um contraponto a cidades vulneráveis. Elas mitigam e antecipam problemas através de planejamento urbano sustentável, como a criação de áreas verdes para a captação de água, o que previne enchentes, ou a adoção de tecnologias para monitorar e alertar a população sobre eventos extremos, protegendo a infraestrutura e os habitantes.

As **cidades resilientes** são estruturadas a partir de um **planejamento urbano** que considera a capacidade de suportar impactos ambientais e reduzir vulnerabilidades. Em vez de favorecer o surgimento de áreas de risco, elas investem em **infraestruturas que diminuem a exposição a desastres naturais**. Além disso, adotam uma postura de **ação preventiva**, antecipando e mitigando impactos de eventos climáticos por meio de monitoramento constante e sistemas de alerta precoce.

Outro aspecto fundamental é a **preservação e restauração ecológica**, que envolve o uso de áreas verdes, a proteção de ecossistemas e a promoção da sustentabilidade no manejo de recursos naturais. Essas cidades também se destacam pela **participação comunitária**, valorizando o conhecimento local e indígena como elemento essencial no processo de tomada de decisões e no planejamento urbano.

Por fim, as cidades resilientes possuem estratégias de **recuperação pós-desastre**, garantindo a rápida restauração dos serviços básicos e a redução dos danos físicos e sociais após a ocorrência de eventos adversos.

### 3.1.2 Serviços públicos insuficientes

As **cidades resilientes**, mesmo diante de serviços públicos insuficientes, podem se fortalecer por meio da integração entre governos locais, sociedade civil e setor privado, desenvolvendo soluções inovadoras e adaptadas às suas vulnerabilidades. Essas estratégias visam melhorar a **infraestrutura crítica**, planejar a **mitigação de riscos**, garantir a **segurança de moradias e serviços básicos** e reforçar a **coordenação institucional** para proteger e recuperar os cidadãos mais vulneráveis diante de choques e estresses.

#### Estratégias para Cidades Resilientes com Serviços Insuficientes

- **Fortalecimento Institucional e Coordenação**

- *Conexões verticais e horizontais*: promover a ligação entre governos locais, estaduais e setor privado, além de criar redes de colaboração comunitária.
- *Transparéncia e competência*: assegurar que os governos locais atuem com clareza e invistam no desenvolvimento de capacidades de gestão.

- **Melhorias de Infraestrutura e Serviços**

- *Infraestrutura crítica*: adaptar escolas e hospitais para que funcionem como abrigos seguros.
- *Serviços essenciais*: garantir o funcionamento de transporte, saneamento e outros serviços básicos, priorizando áreas vulneráveis.
- *Moradias adequadas*: construir habitações seguras em locais apropriados para reduzir a exposição da população a riscos.

- **Gestão de Riscos e Vulnerabilidades**

- *Análise de riscos*: mapear e compreender os riscos atuais e futuros, como inundações e deslizamentos, para elaborar estratégias de mitigação.

- *Foco nos vulneráveis:* priorizar populações em situação de risco, ampliando seu acesso a serviços e melhores condições de vida.

## (parte 2 - Heloísa Santos)

### 3.1.3 Estratégias para Cidades Resilientes

#### 1) Planejamento urbano adaptativo

- Mapeamento de riscos e redesenho de vias, parques e bacias de retenção para eventos extremos (cheias 1:100 anos).
- Combinação de soluções *azul-verde* (superfície) com túneis e galerias subterrâneas.
- Integração da adaptação aos planos diretores e ao uso do solo, com métricas de drenagem e análise de custo-benefício.

#### 2) Sistemas de alerta e resposta a emergências

- Centros integrados de operações com radar, pluviômetros, mapas de deslizamento e comunicação multicanal (aplicativos, SMS, sirenes, rádio e TV).
- Cadeia de alerta da “última milha”, com torres de sirenem e mensagens em massa, acompanhada de exercícios periódicos.
- Sistemas de alerta precoce sísmico e meteorológico com transmissão automática (ex.: JMA/J-Alert, no Japão).

#### 3) Soluções baseadas na natureza (SbN)

- Telhados verdes, parques de retenção, corredores verdes e restauração de margens e canais.
- Benefícios: mitigação de ilhas de calor, absorção de picos de chuva e melhoria da qualidade do ar.
- Projetos devem seguir o Padrão Global da IUCN (8 critérios) para assegurar efetividade e múltiplos benefícios.

#### 4) Tecnologia e inovação

- Centros de Operações Urbanos (ex.: COR-Rio) integrando dados de mobilidade, clima e defesa civil.

Modelagem digital (*digital twins*) para simular eventos extremos e orientar decisões no planejamento urbano.

## 5) Educação e conscientização pública

- Educação para desastres integrada ao currículo escolar, com simulados anuais em massa.
- Comunicação contínua de riscos, com campanhas públicas e materiais práticos para engajamento comunitário.

## **Exemplos de Cidades Resilientes**

- Copenhague (Dinamarca): Plano “Cloudburst” (desde 2015), com ruas-canal, parques de contenção (ex.: Enghave Parken) e obras subterrâneas. Meta: proteção contra chuvas 1:100 anos, com benefício socioeconômico líquido projetado.
- Roterdã (Holanda): “Water Squares” (Benthem Plein), telhados verdes e parques de maré como parte da *Estratégia Delta*. Combinação de obras dentro e fora dos diques.
- Medellín (Colômbia): “Corredores Verdes” ao longo de avenidas e rios, reduzindo em 2–3 °C a temperatura média e ampliando a biodiversidade urbana.
- Singapura: Programa *ABC Waters*, integrando drenagem, paisagem e lazer para retenção e qualidade da água, com forte engajamento comunitário.
- Odisha (Índia): Sistema estadual de alerta de ciclones com sirenes, torres e mensagens em massa, que possibilitou evacuações em larga escala durante o Ciclone Fani (2019).
- Rio de Janeiro (Brasil): COR + Alerta Rio, com radar meteorológico próprio, rede pluviométrica e comunicação em tempo real para riscos de chuva e deslizamentos.

## **Papel do Cidadão na Resiliência Urbana**

- Preparação individual e familiar: cadastrar-se em alertas oficiais, conhecer rotas de evacuação e abrigos, manter kit de 72h e plano de contato familiar.

- Participação em simulados e ações comunitárias: engajamento em escolas, vizinhanças e locais de trabalho (ex.: ShakeOut).
 

Adoção de SbN em residências e condomínios: telhados e canteiros de chuva, captação pluvial e plantio de árvores nativas.
- Engajamento cívico: denunciar riscos, participar do planejamento urbano local, defender zoneamento seguro e a preservação de Áreas de Preservação Permanente (APPs).

### **(parte 3 - Etne Barbosa)**

#### **3.1.4 Governança e Resiliência Urbana**

A boa governança é um componente crucial da resiliência urbana. É no nível local de governança que muitas ações de desenvolvimento sustentável são implementadas, envolvendo projetos de infraestrutura, eletricidade, água potável, saneamento e outras necessidades básicas. Uma governança eficaz facilita a integração de agentes e ações, criando um ambiente propício para o desenvolvimento sustentável.

A descentralização administrativa e a autonomia das autoridades locais são fatores que contribuem para uma governança resiliente, permitindo que cidades e vilas adaptem políticas públicas para suas realidades específicas. Esse modelo incentiva a participação das comunidades locais, tornando o governo mais próximo e responsável às necessidades da população.

#### **Governança Inteligente: um caminho para a Resiliência**

O conceito aparece recentemente na literatura científica que se concentra na aplicação e desenvolvimento de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para a administração da cidade. Surge principalmente das práticas do sistema, cidade e cidadão inteligentes. A governança de cidades inteligentes requer infraestrutura digital e fluxo contínuo de dados. A transformação da tecnologia tradicional e sua adoção em sistemas de governança urbana podem ajudar a controlar os diversos tipos de ameaças existentes na vida da cidade e

garantem a prestação de serviços públicos em tempo real. Desafios e oportunidades para a Resiliência Urbana

Embora a resiliência urbana ofereça um caminho promissor para o futuro sustentável das cidades, sua implementação enfrenta desafios significativos. A Urbanização acelerada, a degradação ambiental e a pressão sobre recursos naturais impõem limitações e exigem que gestores públicos desenvolvam diretrizes políticas refinadas para enfrentar essas questões. Autoridades locais precisam promover práticas inovadoras para lidar com questões como degradação da natureza, ordenamento territorial e inclusão social. A resiliência urbana não é apenas uma meta a ser alcançada, mas um processo contínuo de adaptação e evolução que requer engajamento dos diversos atores sociais e políticos.

A resiliência urbana é essencial para a sustentabilidade e a segurança das cidades contemporâneas. Com um planejamento urbano adaptável e uma governança eficaz, as cidades podem se preparar para enfrentar crises e adaptar-se a novas realidades de forma contínua. O PISAC, enquanto parque de inovação focado no ambiente construído, está alinhado com esses conceitos, promovendo o desenvolvimento de tecnologias e práticas que contribuem para cidades mais resilientes e sustentáveis.

## **3.2 CIDADES INTELIGENTES**

**(parte 1 - Aline Matos)**

### **3.2.1 Introdução**

Este projeto foi desenvolvido em sala de aula, sob a mediação da professora Esp. Juliana Petronilio, com o objetivo de construir uma maquete representando uma Jacobina sustentável e inteligente. O foco principal está na geração e utilização de energia limpa para a iluminação de bairros em situação de vulnerabilidade.

Como parte do processo de fundamentação teórica, elaborou-se este artigo, que tem por finalidade sintetizar os principais conceitos relacionados às cidades inteligentes, definindo-as e explorando de que forma Jacobina pode utilizar seus recursos e tecnologias disponíveis para alcançar esse modelo de desenvolvimento urbano.

### **3.2.2 O que são cidades inteligentes?**

O termo *cidades inteligentes* (do inglês *smart cities*) surgiu a partir do avanço e da consolidação das tecnologias digitais nas décadas recentes, especialmente a partir dos anos 1980. Existem diversas definições para esse conceito, mas, neste contexto, será adotada a definição apresentada por Hollands (2008), no artigo "*Will the real smart city please stand up?*", segundo a qual cidades inteligentes são compreendidas como aquelas que utilizam a tecnologia de forma estratégica para integrar e otimizar a gestão de subsistemas urbanos fragmentados — como abastecimento de água, mobilidade urbana, ambiente construído e, com destaque neste trabalho, o setor de energia.

Dessa forma, uma cidade inteligente é caracterizada pela melhoria contínua desses subsistemas, promovendo não apenas eficiência e qualidade de vida, mas também novas oportunidades de emprego, geração de riqueza e um crescimento econômico pautado na sustentabilidade e na saúde urbana.

### **3.2.3 Setor energético eficiente em uma cidade inteligente**

Explicado o conceito de cidades inteligentes, é necessário, agora, analisar como funciona a produção e distribuição de energia nessas cidades. Segundo o site **ENGIE** (2023):

Um estudo da Juniper Research - empresa de pesquisa de mercado e análise especializada em setores digitais de alto crescimento - descobriu que as implantações globais de redes inteligentes levarão a uma economia anual de energia de 1.060 terawatts-hora até 2026. É um aumento de 774 terawatts-hora em relação aos números de 2021. A pesquisa identificou o aumento da sustentabilidade e da segurança energética como essenciais para o apelo das redes inteligentes, com análises e redes responsivas à demanda capazes de ter um impacto importante em um futuro repleto de energias renováveis. O relatório prevê que os fornecedores que conseguirem combinar melhor as análises que fornecem insights operacionais para empresas de energia, com sensores de baixo custo e conectividade, alcançarão o maior sucesso.

É essencial entender isso para mostrar como a energia tem um papel crucial na manutenção das cidades inteligentes

Ao analisar a situação da cidade de Jacobina, observa-se uma deficiência na produção e utilização de energia, além de uma dependência de fontes não completamente limpas.

Também há bairros que sofrem com a falta de iluminação adequada. Paralelo a isso, um projeto desenvolvido nos Estados Unidos propõe a substituição dos postes de iluminação tradicionais por modelos de LED, que apresentam uma eficiência energética de 50% a 65% superior em comparação aos postes convencionais. A tecnologia incorporada nesses postes possibilita a regulação remota da intensidade da iluminação, permitindo ajustes conforme a necessidade. Esse projeto visa pavimentar o caminho para a implementação de cidades inteligentes e redes inteligentes, com a perspectiva de utilizar os postes para a instalação de câmeras de segurança, sensores meteorológicos, medidores inteligentes e até para a oferta de serviços Wi-Fi. Fica evidente, portanto, que é necessário que em Jacobina seja implantado um projeto semelhante. Para isso, é fundamental analisar a disponibilidade de recursos para tal aplicação.

**(parte 2 - Priscila Vieira)**

### **3.2.4 Mobilidade urbana sustentável**

Um dos principais desafios para a implementação de ônibus elétricos nas cidades é o alto custo para a aquisição dos veículos, e o desconhecimento de todos os aspectos que englobam o planejamento da infraestrutura de recarga. Com a implementação de uma estratégia de recarga eficaz, em diálogo constante com a distribuidora de energia local para análise de viabilidade técnica e escolha de localidades de eletroterminais, aliada a um planejamento operacional otimizado para a eletrificação, é possível que um ônibus elétrico seja capaz de substituir um ônibus a diesel na maioria das rotas urbanas na proporção de 1:1, ou seja, sem aumento de frota, reestruturação de linhas ou mudanças profundas na operação. Essa estratégia diminui os custos com aquisição de veículos e aumenta a competitividade dessa tecnologia ao longo da vida útil desses componentes, pois os custos operacionais do sistema também diminuem com manutenção e energia.

Os ônibus elétricos podem proporcionar ar mais limpo, reduzir de emissões e gerar menos custos operacionais, mas esses benefícios dependem da colaboração entre setores e de um planejamento estratégico. Para manter o aquecimento global abaixo de 1,5 °C, a cidade de Jacobina precisa combinar a eletrificação dos veículos com um desenho urbano compacto que priorize a caminhada, os deslocamentos por bicicleta e o transporte público. Juntas, essas

estratégias ajudam a reduzir a dependência dos carros, minimizar emissões e recriar a cidade mais inclusiva e resiliente ao clima.

Quando falamos em mobilidade elétrica, não tratamos apenas do ponto de vista da sustentabilidade, mas também de eficiência, economia e qualidade de vida, além da oportunização de novos negócios e atividades produtivas. Por isso, a busca por soluções de mobilidade elétrica inteligentes deve envolver, por óbvio, tanto o transporte coletivo e público quanto o individual. Como exemplo do potencial impacto, um estudo recente aponta que carros elétricos poluem até 68% menos que os a combustão. Basta imaginar os benefícios com a eletrificação em massa, sobretudo de veículos altamente poluentes, como ônibus e caminhões.

### **3.2.5 O papel da educação e da conscientização ambiental na construção de uma cidade inteligente.**

As escolas desempenham um papel central na promoção da educação ambiental e no desenvolvimento de uma mentalidade sustentável. A inclusão de temas relacionados ao uso de agrotóxicos, reciclagem e gestão de resíduos nas disciplinas escolares é essencial para que os alunos compreendam os desafios socioambientais que afetam tanto as áreas urbanas quanto rurais.

As cidades inteligentes podem utilizar plataformas de e-learning e outras ferramentas digitais para ampliar o alcance da educação ambiental. A gamificação e os aplicativos de aprendizado podem engajar estudantes e cidadãos em projetos voltados à sustentabilidade, como hortas comunitárias, monitoramento de poluição e campanhas de conscientização sobre o uso de agrotóxicos.

A educação ambiental tem um papel crucial na construção de cidades sustentáveis. Ao conscientizar a população sobre o impacto das suas ações no meio ambiente, é possível promover práticas mais responsáveis e alinhadas com o conceito de cidades inteligentes.

**(parte 3 - Isadora Passos)**

### **3.2.6 Implantação de energia limpa e distribuição inteligente de iluminação em bairros de Jacobina**

Ana Carolina de Faria ressalta que a iluminação artificial trouxe uma série de benefícios à sociedade, permitindo não apenas a utilização, mas também a valorização estética dos espaços durante a noite. Isso, em teoria, pode ajudar a reduzir a criminalidade, os acidentes de trânsito e outras situações de risco. No entanto, esses avanços também acarretaram um aumento no consumo de energia e, por consequência, na emissão de carbono, o que representa uma ameaça à vida humana, à fauna e aos ecossistemas (GASTON et al., 2014). Dentre as opções disponíveis, a iluminação LED é considerada a mais eficaz para mitigar alguns dos problemas enfrentados pelo setor, uma vez que a luz emitida por essa tecnologia ajuda a suavizar e diminuir sombras, aumentar a sensação de segurança e facilitar a circulação de pessoas em áreas iluminadas.

Uma alternativa para promover a eficiência energética e a iluminação pública inteligente em áreas vulneráveis, conforme Lucas Adiers Stefanello, é a implementação de mini-redes solares comunitárias. Esses sistemas elétricos, que podem operar de forma independente ou estar conectados a uma rede maior, geram, distribuem e utilizam energia elétrica em uma escala reduzida. Tais redes são fundamentais em localidades isoladas, onde a instalação de infraestrutura elétrica tradicional pode ser impraticável. Elas representam uma solução para a carência de acesso à energia, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e estimulando o progresso econômico e social.

Em resumo, a implementação dessas alterações na cidade de Jacobina resultaria em uma diminuição significativa nas taxas de criminalidade e acidentes, especialmente nas áreas mais distantes do centro. Ademais, ruas e avenidas bem iluminadas promovem a segurança durante a noite, beneficiando tanto o comércio local quanto a proteção dos residentes.

### **3.2.7 Conclusão**

A promoção da mobilidade sustentável e a educação nas escolas sobre a importância da conscientização são essenciais para o avanço da energia sustentável em Jacobina. Para alcançar esse objetivo, é necessário integrar os aspectos econômico, ambiental e sociocultural, criando um modelo de cidade inteligente e sustentável. Com essa abordagem, o município

poderá observar resultados significativos, como aumento da segurança, inclusão social, eficiência energética e fortalecimento da economia. Dessa forma, Jacobina se tornará uma referência regional em urbanismo inteligente.

### 3.3 MODELAGEM EM BIM

#### 3.3.1 Conceito e aplicação do BIM em cidades sustentáveis

BIM significa *Building Information Modeling*, ou Modelagem da Informação da Construção. É uma técnica para desenvolver e manter informações sobre seu ambiente construído tanto na construção quanto na infraestrutura. Tem como principal objetivo a modelagem tridimensional (3D), que retrata a modelagem de forma digital, um processo que mostra seu desenvolvimento, a construção, a manutenção e a operação do projeto. O BIM exibe a criação e a inteligência que é aplicada em edifícios e infraestruturas.

Vai além da geometria simples, é uma representação visual. Os detalhes mostram os componentes da construção, especificações, propriedades, características, a relação entre os elementos e até mesmo os requisitos de manutenção. É um modelo real do projeto.

As cidades tiveram um grande aumento populacional devido à Revolução Industrial, principalmente nos países subdesenvolvidos, favorecendo a modernização agrícola e impulsionando a busca por espaços urbanos para sobrevivência, como moradia, emprego e melhoria de vida.

No Brasil, o processo de urbanização aumentou entre os anos de 1940 e 1980, ocorrendo de modo descontrolado, em função da migração rural para a urbana, o que gerou a ocupação intensa em áreas específicas da cidade. Como características sociais desse processo, podemos citar: escassez de moradia e, por consequência, a favelização; falhas nos sistemas de abastecimento de energia e água; decadência nos sistemas de gestão de resíduos sólidos; drenagem urbana precária; e sobrecarga da rede física urbana, entre outros (Santos, 1993; Almeida; Andrade, 2015).

O planejamento e a gestão são essenciais para a cidade e seu desenvolvimento, tanto do ponto de vista territorial quanto econômico. São utilizadas ferramentas computacionais aplicadas ao

planejamento urbano para auxiliar no funcionamento dos sistemas urbanos, de acordo com as demandas da sociedade — como o *Geographic Information System* (GIS), traduzido como Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O SIG, ou GIS (Geographic Information System), como é mais difundido, é uma base instrumental já bem estabelecida há décadas nos meios da produção geográfica, cartográfica e de planejamento urbano e regional. Trata-se, entre outras características, de uma base de dados digital de múltiplas finalidades, na qual um sistema de coordenadas espaciais em comum é o meio básico de referência (Almeida; Andrade, 2015, p. 2)

A tecnologia GIS é utilizada para auxiliar na modelagem territorial. Quando integrada ao BIM, tem como objetivo a gestão urbana, sendo empregada no conceito da terminologia *City Information Modeling* (CIM), que surgiu em analogia ao BIM.

O BIM é utilizado para desenvolver projetos de terraplenagem, geometria viária, pavimentação, drenagem pluvial, redes de água e esgoto de um loteamento, condomínio ou bairro. O BIM contribui para a análise prévia de possíveis problemas futuros, identificando falhas, o que favorece o custo-benefício.

O BIM na eficiência energética tem um papel importante no projeto arquitetônico, podendo buscar o desempenho térmico que será utilizado em edificações. Ele permite realizar simulações já aplicadas no Brasil, por meio da modelagem BIM. A busca pelo bom desempenho térmico é essencial em várias etapas do projeto.

Nos programas, é possível observar que as condicionantes climáticas se baseiam em normas climatológicas, que caracterizam o comportamento dos elementos climáticos ao longo do ano — como temperatura do ar e radiante, umidade relativa, índices pluviométricos e ventilação. Todas essas informações são essenciais para o trabalho do arquiteto.

A simulação computacional vem crescendo no meio arquitetônico, mas ainda é pouco utilizada, pois, por apresentar apenas valores numéricos, muitas vezes é aplicada de forma isolada e não integrada ao projeto. Essa falta de integração limita seu potencial. No entanto, essas simulações podem auxiliar em diversos fatores, como recomendações de estratégias de

projeto, análises de incidência solar, simulações de comportamento termo energético e análises de ventilação.

O BIM na simulação de desempenho térmico prevê conjuntos integrados e complementares capazes de construir um modelo único, facilitando a interação entre diversas disciplinas. O BIM abrange geometria e informações sobre propriedades dos materiais, entre outros aspectos. A ideia é que todas as informações sejam encontradas facilmente e integradas a cada um dos seus elementos, o que contribui para o desempenho térmico da edificação.

A água é um recurso renovável, mas sua utilização ocorre de forma irresponsável. Por isso, é preciso aplicar tecnologia responsável para aproveitar a água e reduzir a escassez, buscando soluções eficientes. Também são necessários estudos para apresentar técnicas e analisar o custo-benefício. Diante disso, o BIM é essencial para visualizar análises de compatibilização e de orçamentação, de modo a gerar resultados mais rápidos em comparação com métodos convencionais, podendo economizar recursos. O BIM (Building Information Modeling), ou Modelagem da Informação da Construção, é um conjunto de processos que se apresenta por meio de softwares.

Na atualidade, o mundo vem sofrendo com o aquecimento global, o aumento da poluição, as mudanças climáticas e o esgotamento dos recursos energéticos, tornando a sustentabilidade uma parte vital da atual indústria da AEC. Esse setor vem evoluindo de um conceito “verde” para a “sustentabilidade”. O BIM pode contribuir para solucionar diversos problemas que vêm ocorrendo, criando um cenário mais sustentável. Ele aumenta a sustentabilidade por meio de um modelo virtual que armazena dados necessários para cálculos, possibilitando a elaboração de um projeto energeticamente eficiente.

Com o BIM, é possível visualizar previamente o consumo de energia e decidir, por exemplo, o tipo de equipamento de iluminação, levando em consideração a luz solar/natural, antecipar pontos quentes do edifício e muito mais. Dessa forma, a construção pode ser planejada com base em análises como luz do dia, aquecimento e resfriamento, carga térmica e estudo solar, ainda na fase de concepção da edificação. Isso contribui para alcançar um modelo de energia eficiente desde um estágio inicial, poupando trabalho e custos futuros de projeto.

O BIM está progressivamente oferecendo vantagens sustentáveis para a indústria da AEC. A indústria civil tem um grande impacto negativo no meio ambiente. Ela consome muitos recursos naturais e gera uma grande quantidade de resíduos. A Constituição ambiental aumenta a necessidade de um ambiente sustentável, onde a tecnologia BIM vai adentrar para ajudar a mitigar os impactos negativos.

É fundamental que a sustentabilidade atue na área da construção civil, pois ela gera impactos negativos nos ambientes globais, incluindo recursos naturais e efeito estufa. Com práticas ecológicas, ajuda tanto o meio ambiente como traz benefícios econômicos, sociais e de qualidade de vida, o que vai construir para as gerações futuras.

O BIM atua na sustentabilidade como um projeto integrado, ajudando os engenheiros a construírem um projeto desde a fase inicial até o final. Análises ambientais são possíveis, e é possível prever os gastos e melhorar sua eficiência ainda no projeto. Há redução de resíduos, material não é desperdiçado durante a construção, e reduz a extração de recursos naturais.

Manutenção eficiente: a manutenção é essencial, e com o BIM é possível uma manutenção preditiva e preventiva.

Práticas ecológicas: pisos com materiais sustentáveis, pisos construídos por materiais recicláveis; placas fotovoltaicas aptas a captar a luz do sol para produzir energia elétrica; eficiência energética — a crise atual exige pensar em meios alternativos para soluções sustentáveis, para economizar energia elétrica e utilizar fontes renováveis. Na eficiência energética, é recomendado o uso de lâmpadas de LED.

Coletor solar para o aquecimento de água, para economizar energia, é a instalação de aquecedor solar que capta a luz do sol para manter o chuveiro aquecido. Telhado verde, a eficiente solução arquitetônica que integra a natureza aos centros urbanos, ajudando a amenizar a temperatura e reduzindo a poluição.

O BIM vem crescendo na área da construção e mostrando que pode ser utilizado de maneira sustentável. Por exemplo, o edifício Pearl River Tower, em Guangzhou, China, foi projetado com uso extensivo do BIM e alcançou uma eficiência energética notável, com economias substanciais de energia e emissões de carbono reduzidas. Também temos o projeto Bullitt

Center, em Seattle, EUA, que é amplamente considerado um dos edifícios mais sustentáveis do mundo.

O BIM também enfrenta desafios: a sua implementação bem-sucedida requer investimento em tecnologia e treinamento, o que pode ser uma barreira para empresas menores.

### **3.3.2 Evolução do BIM para CIM (City Information Modeling)**

CIM é uma ampliação do BIM para a escala urbana. Em vez de modelar apenas um único edifício/construção individual, o CIM combina vários modelos BIM, redes de infraestrutura e o contexto geográfico (GIS) em um modelo 3D urbano rico em dados, usado para planejar, operar e manter a cidade. Em termos simples, é a aplicação do BIM em uma escala de modelagem maior.

Assim como no BIM, o modelo 3D é o hub que liga agentes (projetistas, gestores, comunidade) às informações geométricas e não-geométricas. No contexto de cidade, o modelo passa a incluir ruas, espaços públicos, iluminação, tráfego e até dados de IoT (sensores de luz, presença, clima etc.). O CIM “faz a ponte” entre BIM e GIS(Geographic Information System), e é frequentemente visto como o primeiro passo para criar uma cópia digital completa da cidade, porque agrupa dados espaciais, analíticos e, quando disponível, dados quase em tempo real para simulação e tomada de decisão.

Esse processo de modelagem 3D representa a ampliação de escopo do BIM: que se concentra no nível “vertical” dos edifícios, o CIM atua no nível “horizontal” da cidade, renderizando vias, redes de infraestrutura, bairros inteiros e até regiões metropolitanas. Essa abordagem possibilita a comparação de diferentes cenários urbanos, como mobilidade, sombreamento, microclima e riscos de desastres, promovendo uma coordenação colaborativa entre disciplinas — de forma semelhante ao BIM, mas agora aplicada à malha urbana. Ele organiza a geometria e a semântica da cidade para viabilizar simulações complexas, como vento, consumo energético ou segurança pública. Quando conectado a sensores (IoT), o CIM deixa de ser apenas um modelo estático e passa a coletar dados dinâmicos — sobre energia, iluminação, ocupação de espaços — aproximando-se do conceito de gêmeo digital urbano..

Apesar de ser um sistema de modelagem extenso, ele não se limita a uma representação estática em 3D. Sua principal evolução em relação ao BIM é a capacidade de integrar dados dinâmicos, captados em tempo real, por meio de sensores, sistemas IoT (Internet das Coisas) e plataformas digitais. Isso significa que o modelo digital da cidade pode se atualizar constantemente, refletindo as condições reais do ambiente.

Em cidades inteligentes, sensores monitoram tráfego, iluminação, qualidade do ar, temperatura, consumo de água e energia. Esses dados, transmitidos a sistemas de gestão urbana, permitem respostas rápidas e eficientes, como redirecionar o trânsito, acionar iluminação apenas quando necessário ou identificar falhas em sistemas de saneamento. Simular essa integração usando Arduino funciona como um microcontrolador capaz de receber informações de sensores (luminosidade, movimento, temperatura) e acionar atuadores (LEDs, motores, alarmes). Dessa forma, o Arduino representa em pequena escala o papel dos sistemas de IoT em uma cidade real, conectando o modelo físico (maquete) ao conceito teórico de CIM.

Um dos setores mais beneficiados pelo uso do CIM é a iluminação pública. Modelos digitais permitem simular:

- Distribuição de postes em áreas urbanas, evitando sombras em excesso ou sobreposição de luz.
- Consumo de energia em diferentes cenários (lâmpadas convencionais vs. LED).
- Acionamento inteligente com sensores de presença ou relógios programáveis.

Isso possibilita reduzir custos energéticos, aumentar a eficiência e mitigar a poluição luminosa. Além disso, o CIM é útil para o monitoramento ambiental. Com dados de sensores, é possível acompanhar temperatura, umidade, qualidade do ar e índices de poluição sonora. Essas informações, incorporadas ao modelo digital da cidade, ajudam gestores a planejar áreas verdes, sistemas de ventilação urbana e soluções para drenagem de águas pluviais.

### **3.3.3 BIM como ferramenta de análise energética e retrofit**

A eficiência energética para edificações é considerada um dos pilares para alcançar o desenvolvimento sustentável. Pode ser aplicada em edificações de acordo com as condições climáticas locais, com o objetivo de maximizar o conforto térmico interno e reduzir as necessidades de energia (Olgyay, 1947). O autor propôs a criação de edifícios energeticamente eficientes para reduzir os gastos e promover uma melhor qualidade de vida. O projeto de um edifício deve observar as características térmicas e energéticas dos materiais construtivos, instalações e sistemas operacionais. Já em um projeto de prédio existente, deve-se desenvolver mudanças nesses elementos da edificação em conjunto com seus parâmetros térmicos.

A análise energética de uma edificação consiste em um trabalho construtivo que deve ser considerado desde o projeto inicial, partindo do estudo preliminar até o ciclo completo da construção. O BIM (Building Information Modeling) é crucial, pois permite criar diferentes cenários em simulações energéticas ainda na fase inicial do projeto. Com ele, é possível analisar ventilação, iluminação natural e desempenho térmico, acompanhando todas as etapas, desde a concepção até a fase final da construção.

O retrofit sofre com a degradação natural ao longo do tempo. Vão surgindo novos materiais e novas tecnologias na área da construção civil. O conceito de retrofit (“retro”, do latim, significa movimentar-se para trás, e “fit”, do inglês, adaptação, ajuste). Na construção civil, esse termo é muito utilizado para dar ênfase à modernização e à requalificação do edifício, que, atualizado com novas tecnologias, torna-se uma estratégia para prolongar a vida útil de edificações antigas ou até mesmo atribuir novas funcionalidades. Isso pode contribuir para que construções antigas tenham seu partido arquitetônico e estrutural mantido, revitalizando todo o seu interior e modernizando as instalações, reabilitando-as para um novo uso.

No caso do retrofit luminotécnico é um termo utilizado para definir alterações em sistemas de iluminação, utilizando tecnologias mais eficientes quanto ao consumo energético, ajustando a qualidade da lâmpada e o conforto dos usuários. O desgaste do sistema elétrico é desnecessário, muitas vezes não atende às normas e acaba consumindo energia elétrica em excesso. A iluminação retrofit tem o objetivo de modernizar e adequar o sistema conforme o uso do ambiente, tornando-o mais eficiente e aumentando sua vida útil. Tem se tornado uma prática muito utilizada, que ajuda a minimizar o gasto de energia elétrica.

De acordo com dados do Procel Edifica, o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. Estima-se um potencial de redução desse consumo em 50% para novas edificações e em 30% para aquelas que promoverem reformas contemplando os conceitos de eficiência energética em edificações.

Os benefícios não se limitam apenas à economia de energia. Entre eles estão a quantidade de luz necessária, sua qualidade, o conforto luminoso na instalação e a redução de custos de manutenção. O mais importante, contudo, é reduzir o consumo de energia visando à conservação do meio ambiente. No projeto de retrofit, devem-se considerar alguns pontos: sempre buscar o aproveitamento da luz natural, consultar as normas, escolher lâmpadas com maior eficiência luminosa (lm/W), entre outros.

Estudos de caso demonstram a aplicação do BIM na eficiência energética:

- **Singapura:** A cidade-estado, por meio da tecnologia, está aumentando cada vez mais seus serviços. Com o crescimento da população, limitou a expansão horizontal e passou a crescer verticalmente. Antes, o planejamento era realizado em 2D, mas não atendia às necessidades. Em 2014 surgiu o projeto Singapura Virtual (Virtual Singapore), com o intuito de promover e mapear a cidade em 3D, o que facilitaria o trabalho dos gestores, fornecendo dados em tempo real e tornando a plataforma um modelo dinâmico. Para otimizar o gasto de energia, a cidade estabeleceu que, até 2030, 80% dos prédios serão sustentáveis. Isso não é apenas uma questão de responsabilidade ambiental, mas também uma decisão empresarial inteligente, já que edifícios sustentáveis são mais eficientes em termos de energia do que edifícios tradicionais e podem gerar economia nos custos operacionais a longo prazo.
- **Londres – Projeto Crossrail:** iniciado em 2009, o projeto da ferrovia de classe mundial e desenvolvido ao longo de 10 anos, sempre esteve à frente do seu tempo. Em 2011, o governo britânico exigiu que todos os projetos, a partir de 2016, estivessem de acordo com o nível 2 de BIM. Mesmo com metade do projeto já em andamento, isso não afetou em nada. O BIM, nesse projeto, trouxe várias vantagens: garante a criação de ativos virtuais, o que ajuda a construir a ferrovia física e digital ao mesmo tempo; integra dados para todos os estágios do ciclo de vida; reduz o desperdício (minimizando os conflitos); promove melhorias na eficiência (aprovações

colaborativas mais rápidas), entre outras vantagens. Além disso, pode ser utilizado para o planejamento da drenagem da água de chuva, para organizar a vegetação ao longo da ferrovia, otimizar o uso de materiais reciclados e diminuir os gastos energéticos, resultando em uma redução significativa nos custos e prazos.

### **3.3.4 Aplicação na maquete de Jacobina**

A maquete de Jacobina funciona como um exemplo prático de CIM em pequena escala, permitindo que conceitos complexos de planejamento urbano sejam visualizados de forma tangível. Ao utilizar a modelagem digital como base, é possível representar toda a infraestrutura da cidade, integrando informações sobre transporte, iluminação, energia, saneamento e áreas verdes. Esse modelo físico serve como protótipo urbano, ajudando os estudantes a compreender a relação entre planejamento, sustentabilidade e tecnologia, além de possibilitar testes e ajustes antes de aplicar soluções em escala real.

O uso de Arduino na maquete transforma o projeto em um modelo interativo e inteligente, simulando sensores urbanos reais. LEDs podem representar postes de iluminação que acendem automaticamente com sensores de movimento ou luminosidade, enquanto sensores de temperatura e umidade permitem monitorar condições ambientais em diferentes áreas. Sensores de presença podem acionar sistemas de sinalização ou iluminação em ruas e praças, aproximando a maquete da realidade de cidades inteligentes. Essa integração tecnológica demonstra de forma prática como dados em tempo real podem influenciar o funcionamento de sistemas urbanos, alinhando-se ao conceito de CIM.

Além disso, o planejamento baseado em BIM e CIM possibilita organizar visualmente a maquete, destacando zonas residenciais, comerciais e áreas verdes, bem como a distribuição estratégica da iluminação pública e a incorporação de soluções sustentáveis, como energia solar e reaproveitamento de água. O impacto da maquete vai além da representação física, oferecendo um valor educacional e ambiental significativo. Ela permite que os estudantes aprendam sobre urbanismo sustentável, integração tecnológica e gestão eficiente de recursos, enquanto evidencia como tecnologias digitais podem contribuir para cidades inteligentes mais eficientes, resilientes e conscientes ambientalmente.

### **3.3.5 Conclusão**

A integração entre BIM (Building Information Modeling) e CIM (City Information Modeling), associada ao uso de tecnologias como Arduino e à adoção de práticas sustentáveis, mostra-se fundamental para o futuro do planejamento urbano. O BIM, ao permitir a modelagem detalhada de edificações e infraestruturas, contribui para a eficiência energética, a redução de custos e a otimização de recursos. Já o CIM amplia esse conceito para a escala da cidade, possibilitando a criação de modelos digitais dinâmicos que integram dados geoespaciais, sensores em tempo real e sistemas urbanos.

Nesse contexto, a sustentabilidade emerge como eixo central, uma vez que o setor da construção civil é um dos principais responsáveis pelo consumo de recursos naturais e pela geração de resíduos. Ao aplicar o BIM e o CIM em conjunto, torna-se viável não apenas mitigar esses impactos, mas também promover soluções inteligentes para iluminação pública, mobilidade, drenagem, gestão de energia e uso eficiente da água.

O estudo de caso da maquete de Jacobina exemplifica de forma prática como a combinação de modelagem digital e dispositivos interativos pode contribuir para a compreensão dos conceitos de cidades inteligentes, aproximando a teoria da prática. Esse recurso pedagógico fortalece a visão de que o urbanismo sustentável depende da integração entre tecnologia, planejamento e responsabilidade ambiental.

Portanto, a adoção dessas ferramentas representa um passo estratégico para transformar a realidade das cidades brasileiras. Ao aliar inovação, sustentabilidade e eficiência, abre-se caminho para ambientes urbanos mais resilientes, inteligentes e capazes de oferecer qualidade de vida às presentes e futuras gerações.

## **3.4 MODELAGEM EM TIM**

**(parte 1 - Elisabete Helena)**

### **3.4.1 Definição de TIM no contexto do trabalho**

A modelagem, no contexto de TIM — Tecnologias da Informação e Modelagem — é uma prática que incorpora ferramentas digitais, métodos computacionais e raciocínio abstrato para representar processos, sistemas ou fenômenos do mundo real de maneira simplificada e organizada. Diferente de uma descrição literal, ela cria uma versão reduzida ou idealizada da realidade: identifica os elementos mais relevantes, ignora os detalhes menos importantes, estabelece relações entre eles e permite analisar cenários, fazer simulações, prever comportamentos e tomar decisões com base em projeções.

TIM se refere à sinergia entre modelagem (como processo de construir modelos que capturam essências de sistemas reais) e as Tecnologias da Informação (como softwares, bases de dados, simulação computacional). Ou seja, não basta fazer o modelo “na cabeça” ou no papel — o diferencial é usar recursos tecnológicos para tornar o modelo mais preciso, aplicável e útil. Isso inclui coletar dados, representá-los visualmente, rodar simulações, ajustar variáveis, testar hipóteses e visualizar resultados de diferentes formas de modo interativo.

A importância dessa abordagem (modelagem com apoio de TI) advém de várias frentes. Primeiro, permite compreender sistemas complexos: quando algo tem muitas partes ou relações, imaginar tudo “na cabeça” fica difícil; o modelo facilita a visualização, a identificação de padrões e de falhas. Segundo, possibilita simulação e previsão — antes de implementar uma ideia no mundo físico, podemos testar alternativas em ambiente controlado ou virtual, reduzir riscos, antecipar resultados. Terceiro, favorece a tomada de decisão: modelos bem construídos ajudam a comparar caminhos diferentes, estimar custos, benefícios, avaliar implicações e escolher a melhor estratégia. Além disso, a modelagem digital facilita a comunicação entre pessoas diferentes (mestres, especialistas técnicos, stakeholders) porque cria uma linguagem visual ou computacional comum, reduzindo mal-entendidos.

### **3.4.2 Conceitos Fundamentais de Modelagem**

A modelagem, dentro do contexto de TIM, pode ser entendida como o processo de construir representações simplificadas de sistemas ou problemas reais com o objetivo de analisá-los, compreender seus comportamentos e propor soluções. Esses modelos não reproduzem a realidade em todos os seus detalhes, mas selecionam os aspectos mais relevantes para o estudo, permitindo que situações complexas sejam traduzidas em estruturas mais fáceis de interpretar. Essa simplificação é necessária porque a realidade é, em geral,

muito mais ampla e cheia de variáveis do que seria possível considerar em uma análise prática.

Entre os principais tipos de modelos, destacam-se os conceituais, que representam ideias e relações de forma abstrata, geralmente por meio de diagramas ou mapas; os matemáticos, que utilizam equações e expressões quantitativas para descrever relações entre variáveis; e os computacionais, que empregam softwares e algoritmos para simular cenários mais complexos e dinâmicos. A escolha do tipo de modelo depende do objetivo da análise e dos recursos disponíveis.

A ligação entre o problema real e o modelo é o ponto central da modelagem em TIM. Para que o modelo seja útil, é necessário identificar o problema de forma clara, selecionar variáveis e parâmetros que tenham relevância, estabelecer hipóteses que simplifiquem a situação sem comprometer a fidelidade, e garantir que os resultados obtidos tenham correspondência com a realidade. Assim, o modelo atua como uma ponte entre o mundo real e o abstrato, oferecendo uma forma prática de compreender situações, prever resultados e apoiar a tomada de decisões.

### **3.4.3 Processo de Modelagem**

**(parte 2 - Heloise Ivana)**

O processo de modelagem é uma ferramenta poderosa para compreender e solucionar problemas complexos, pois permite criar representações simplificadas de sistemas para analisar seu comportamento. Inicialmente, é essencial identificar o problema, definindo claramente qual é a questão a ser resolvida ou o fenômeno que se deseja entender. Por exemplo, pode-se querer investigar por que o trânsito em determinada rua se torna mais intenso nos horários de pico.

Em seguida, procede-se à formulação do modelo, que envolve a identificação das variáveis relevantes — ou seja, os fatores que influenciam o problema — e das relações entre elas, além da escolha do tipo de modelo mais adequado, seja ele matemático, conceitual ou computacional. No caso do trânsito, as variáveis podem incluir o número de carros, a velocidade média, o tempo de semáforo e o número de faixas. Uma hipótese inicial poderia ser que o número de veículos excede a capacidade da rua.

A etapa seguinte consiste na criação de hipóteses sobre o funcionamento do sistema e as possíveis causas do problema. Continuando com o exemplo do trânsito, uma hipótese plausível seria que aumentar o tempo do semáforo verde para o fluxo principal reduziria o congestionamento. Para testar essas hipóteses, utiliza-se a resolução ou simulação, que pode envolver cálculos matemáticos, experimentos ou simulações computacionais. Nesse contexto, poderia-se usar um software de simulação de tráfego para modelar a rua com diferentes tempos de semáforo e observar o efeito no congestionamento.

Por fim, a validação do modelo é fundamental. Os resultados obtidos precisam ser comparados com dados do mundo real para verificar a precisão e a confiabilidade do modelo. No exemplo citado, os dados simulados do tráfego seriam comparados com os dados reais de fluxo de veículos e tempo de espera coletados na rua. Caso os resultados estejam próximos, o modelo pode ser considerado validado, demonstrando sua capacidade de representar de maneira fiel o fenômeno estudado.

#### **3.4.4 Ferramentas e Técnicas**

As ferramentas e técnicas de modelagem variam dependendo do tipo de problema e do domínio de aplicação, envolvendo desde softwares de análise e simulação até linguagens de programação versáteis que permitem construir modelos personalizados.

A base da modelagem frequentemente envolve métodos matemáticos e estatísticos, que são fundamentais para descrever as relações entre as variáveis, lidar com incertezas e construir modelos preditivos. Essas técnicas ajudam a encontrar as melhores soluções diante de restrições e a descrever sistemas que mudam continuamente ao longo do tempo ou do espaço.

Quanto à abordagem, a modelagem pode ser analítica, quando se baseia em resolver equações matemáticas para obter expressões que descrevem o comportamento do sistema. Por outro lado, a modelagem computacional utiliza algoritmos e o poder de processamento de computadores para simular sistemas complexos, sendo especialmente útil quando as soluções analíticas exatas são inviáveis.

### **3.4.5 Aplicações da Modelagem**

A modelagem em TIM (Tecnologias da Informação e Modelagem) apresenta aplicações diversificadas e fundamentais em diferentes setores. No desenvolvimento de sistemas, ela permite a criação de representações abstratas que facilitam a compreensão e a comunicação entre os profissionais envolvidos, tornando processos complexos mais claros e estruturados. Ferramentas como UML (Unified Modeling Language) são utilizadas para diagramar processos, estruturas de dados e interações entre componentes de software, garantindo maior precisão e organização no desenvolvimento de projetos.

No contexto educacional, a modelagem atua como recurso pedagógico, possibilitando que conceitos abstratos sejam visualizados e experimentados de maneira interativa, como em simulações computacionais e modelos 3D, promovendo um aprendizado mais dinâmico e envolvente. Em ciências aplicadas, como biotecnologia e medicina, a modelagem computacional é empregada para simular processos biológicos complexos, avaliar interações entre elementos de um sistema e prever resultados de experimentos, oferecendo suporte ao desenvolvimento de soluções mais eficazes.

Na indústria, ela contribui para a otimização de linhas de produção, a criação de protótipos virtuais e a análise de cenários de operação, permitindo ajustes antes da implementação física e, consequentemente, reduzindo custos e riscos. Além disso, modelos matemáticos e estatísticos são utilizados em gestão de negócios e economia para prever tendências, analisar mercados e auxiliar na tomada de decisões estratégicas.

Na saúde pública, a modelagem ajuda a simular a propagação de doenças e a planejar intervenções, enquanto no meio ambiente contribui para avaliar impactos de atividades humanas, apoiar políticas de sustentabilidade e gerenciar recursos naturais de forma mais eficiente. Dessa forma, a modelagem em TIM demonstra-se uma ferramenta versátil e essencial, capaz de integrar tecnologia e conhecimento para interpretar, simular e otimizar diferentes contextos e processos.

### **3.4.6 Desafios e Limitações da Modelagem (parte 3 - Elisabete Helena)**

A modelagem em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIM) enfrenta diversos desafios e limitações que impactam sua eficácia e aplicabilidade. Um dos principais obstáculos é a complexidade dos sistemas reais, que frequentemente envolvem múltiplos componentes interconectados e comportamentos não lineares. Essa complexidade torna difícil a criação de modelos precisos e representativos, exigindo simplificações que podem comprometer a fidelidade dos resultados.

Outro desafio significativo é a incerteza dos dados. A qualidade e a disponibilidade de informações precisas são essenciais para a construção de modelos confiáveis. No entanto, em muitos casos, os dados são incompletos, imprecisos ou desatualizados, o que pode levar a conclusões errôneas e decisões inadequadas. Além disso, o custo computacional elevado associado à simulação de modelos complexos pode ser um impedimento, especialmente para organizações com recursos limitados.

A validação dos modelos também representa uma limitação importante. Garantir que um modelo reflita com precisão o sistema real é um processo desafiador, que requer dados empíricos e metodologias robustas. A falta de validação adequada pode resultar em modelos que, embora matematicamente consistentes, não correspondem à realidade observada, comprometendo sua utilidade prática.

Além disso, há questões éticas e sociais associadas à modelagem em TIM. A utilização de modelos para tomar decisões que afetam indivíduos ou grupos pode levantar preocupações sobre justiça, privacidade e responsabilidade. É fundamental que os profissionais da área considerem essas implicações ao desenvolver e aplicar modelos.

Por fim, a evolução tecnológica rápida impõe um desafio adicional. O ritmo acelerado das mudanças tecnológicas pode tornar os modelos obsoletos em um curto período, exigindo atualizações constantes e adaptação às novas realidades.

### **3.4.7 Conclusão**

A modelagem em TIM se mostra uma ferramenta essencial para representar e analisar sistemas complexos de forma simplificada, auxiliando na tomada de decisões e na solução de problemas. Apesar dos desafios, como a complexidade dos sistemas e a incerteza dos dados,

suas aplicações em áreas como engenharia, educação e ciências aplicadas demonstram sua relevância prática. Assim, a modelagem em TIM revela-se indispensável para inovar e otimizar processos em diferentes contextos.

### **3.5 SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RECURSOS**

A convergência entre tecnologia e sustentabilidade vem possibilitando soluções inovadoras em múltiplos setores, demonstrando-se eficaz no enfrentamento dos desafios ambientais contemporâneos. A inovação tecnológica, tradicionalmente reconhecida como propulsora do desenvolvimento econômico e social, assume um papel ainda mais estratégico quando aliada à busca por um modelo de desenvolvimento mais equilibrado e sustentável.

Mais do que apenas criar produtos e serviços, a inovação tecnológica torna-se um instrumento fundamental para a redução do impacto ambiental, a promoção do uso racional dos recursos naturais e o avanço rumo a uma economia de baixo carbono, mais verde e circular. Ao integrar eficiência e consciência ambiental, a tecnologia transforma-se em um catalisador de mudanças estruturais em prol da sustentabilidade.

No campo da mobilidade, a transformação tecnológica tem remodelado profundamente o setor de transportes. Veículos elétricos, sistemas de transporte compartilhado e soluções baseadas em mobilidade inteligente vêm reduzindo as emissões poluentes e otimizando a eficiência do tráfego urbano. A integração entre veículos e infraestrutura viária, por meio da conectividade e da análise de dados, permite a gestão de rotas mais sustentáveis, reduzindo congestionamentos e o consumo energético.

A economia circular também vem sendo fortemente impulsionada por inovações tecnológicas. Tecnologias emergentes de reciclagem, como a reciclagem química e a utilização de materiais reciclados na impressão 3D, estão transformando resíduos em insumos valiosos, diminuindo a pressão sobre os recursos naturais e contribuindo para a redução significativa dos volumes enviados aos aterros sanitários.

Em síntese, a inovação tecnológica é peça-chave na promoção da sustentabilidade. Seu papel vai muito além da modernização: ela se consolida como uma aliada indispensável na

superação dos desafios ambientais, no fortalecimento da economia verde e na construção de um futuro mais justo e resiliente.

### **3.5.1 Principais Princípios da Sustentabilidade Urbana**

A Sustentabilidade Urbana visa garantir qualidade de vida à população, assegurando o acesso universal a serviços essenciais como educação, saúde, moradia, transporte e segurança. Além disso, promove a equidade, a inclusão social e o respeito à diversidade, sempre com foco no equilíbrio entre o desenvolvimento e a preservação ambiental. Abaixo, destacam-se os principais pilares que sustentam esse conceito:

#### **1. Eficiência econômica**

Para ser sustentável, a cidade deve fomentar um ambiente favorável ao desenvolvimento de negócios, à geração de renda e à criação de empregos. É essencial estimular a inovação, o empreendedorismo e a sustentabilidade financeira, garantindo crescimento econômico aliado à justiça social.

#### **2. Responsabilidade ambiental**

A proteção do meio ambiente é um princípio central. Isso inclui a gestão adequada de resíduos, a redução da poluição, o uso responsável dos recursos naturais e a preservação da biodiversidade. A promoção de áreas verdes e a valorização dos ecossistemas urbanos são fundamentais para o bem-estar das futuras gerações.

#### **3. Boa governança**

A sustentabilidade urbana requer uma administração pública transparente, eficiente e democrática. A participação ativa da população na formulação de políticas públicas e nas decisões que afetam a cidade é indispensável para fortalecer a confiança nas instituições e garantir que as ações reflitam as necessidades reais da sociedade.

#### **4. Planejamento urbano integrado**

O desenvolvimento das cidades deve ser pensado de maneira holística, articulando aspectos sociais, econômicos, ambientais e culturais. Um planejamento urbano bem estruturado considera o uso inteligente do solo, a mobilidade urbana sustentável, a inclusão

social e a valorização do patrimônio cultural, promovendo uma cidade mais equilibrada e resiliente.

### **3.5.2 Gestão Inteligente dos Recursos Naturais**

- Redução do consumo

Todos os dias, o consumidor é persuadido a fazer compras por impulso. Equipamentos de última geração, acessórios da moda, alimentos industrializados e coloridos, seja o que for, são muitos os atrativos que levam a compras motivadas pela emoção, e não pela necessidade. Segundo um estudo do SPC Brasil (Serviço de Proteção ao Crédito), 37% dos consumidores admitiram que tinham comprado algum item que não precisavam nos últimos 30 dias.

Essas compras sem necessidade se refletem em um impacto muito negativo aos recursos naturais. Basta pensar em toda a linha de produção por qual o produto passou até chegar às suas mãos e quanta matéria-prima foi necessária. Somente uma calça jeans, por exemplo, gasta cerca de 10.850 litros de água para ser confeccionada.

Ao planejar as compras, você pensa na necessidade de ter um item e qual é o seu impacto ambiental, garantindo escolhas mais conscientes e sustentáveis.

- Redução do desperdício

O descarte incorreto e o excesso de resíduos gerados pelas pessoas são grandes vilões do meio ambiente. Como vimos, o crescimento no padrão do consumo ao longo das décadas tornou a capacidade de o planeta gerar recursos simplesmente insustentáveis. O relatório Estado do Mundo 2010 apontou que o homem extraí 60 bilhões de toneladas de recursos naturais a cada ano, um valor 50% maior do que nas três décadas anteriores.

Mesmo levando em consideração o aumento da população mundial, a intensidade no consumo não tem ocorrido em ritmo proporcional. E isso leva a grandes problemas no outro lado da cadeia de consumo: o desperdício e o descarte incorreto do lixo. Nesse sentido, a solução é simples, mas desafiadora: reduzir o desperdício por meio do consumo consciente.

### **3.5.3 Energia Sustentável e Infraestrutura Inteligente**

A transição para um modelo urbano sustentável depende fundamentalmente de uma revolução na forma como a energia é gerada, distribuída e consumida. Produzir energia de forma eficiente e consciente tornou-se uma tarefa de grande relevância para as cidades, sobretudo porque já se percebem, de maneira evidente, os efeitos de anos de exploração e uso inconsciente dos recursos naturais. A resposta a este desafio reside em duas frentes interligadas: a busca pela **eficiência energética** e a integração de **fontes de energia renováveis**, ambas viabilizadas por **infraestruturas inteligentes**.

A eficiência energética consiste em otimizar o uso da energia, ou seja, reduzir os gastos e o desperdício associados à sua produção e consumo sem diminuir a qualidade ou a quantidade dos serviços prestados. Para alcançar esse objetivo, é imprescindível o emprego de sistemas tecnológicos avançados — como inteligência artificial, *big data* e sensores — que compõem as chamadas infraestruturas inteligentes. Esses mecanismos permitem monitorar, analisar e otimizar o desempenho de diversas áreas, tornando os serviços públicos mais produtivos e sustentáveis.

A principal aplicação dessa tecnologia no setor elétrico são as *smart grids*, ou redes elétricas inteligentes. Diferentemente das redes tradicionais, as *smart grids* integram de forma dinâmica as ações de todos os seus usuários — os que geram energia, os que a consomem ou os que fazem ambos. Graças à tecnologia digital e à comunicação bidirecional, elas permitem um intercâmbio de energia e informação, abrangendo desde a geração até o armazenamento e o consumo final.

As principais vantagens das *smart grids* são:

- **Gestão Otimizada:** Coletam dados em tempo real para gerenciar e otimizar a distribuição de eletricidade, respondendo rapidamente às variações na demanda e a potenciais incidentes na rede.
- **Integração de Renováveis:** São capazes de integrar, de forma estável e segura, múltiplas fontes de energias renováveis, como solar e eólica, independentemente do seu tamanho.
- **O "Prossumidor":** Permitem que o usuário final não seja apenas um consumidor, mas também um produtor de energia (*prosumer*), podendo gerar sua própria

eleticidade (com painéis solares, por exemplo) e vender o excedente de volta para a rede.

Além das redes elétricas, um exemplo prático de infraestrutura inteligente é a implementação de **sistemas de iluminação pública inteligente**, que associam a substituição de lâmpadas antigas por versões modernas em LED — mais eficientes e econômicas — a sistemas de controle que ajustam a intensidade da luz conforme a necessidade, reduzindo drasticamente o consumo. Cidades como São Paulo e Rio de Janeiro já avançam na implementação de sistemas de controle operacional que centralizam a gestão de serviços urbanos, reforçando a viabilidade dessas tecnologias.

Apesar do potencial, a promoção do uso eficiente da energia enfrenta desafios, como o elevado custo dos investimentos necessários, a dificuldade de conscientização da população e a escassez de políticas públicas de incentivo. Portanto, para que se alcance avanços concretos, é fundamental que governos estabeleçam metas ambiciosas e consistentes, direcionando a sociedade para um futuro onde o bem-estar caminhe lado a lado com o equilíbrio ambiental.

### **3.5.4 Monitoramento e controle da poluição (ar, solo, água)**

O monitoramento ambiental é um processo que acompanha as principais variáveis envolvidas em um projeto, empreendimento ou atividade para verificar como esses fatores se alteram devido à ação humana ou a mudanças naturais no local.

O monitoramento ambiental serve para descobrir, analisar e inspecionar a condição ambiental do local analisado para que, se necessário, adotar medidas de redução, reabilitação e otimização das ações de proteção à qualidade ambiental.

Independentemente do tamanho e complexidade de um projeto ou atividade, o monitoramento é fundamental para garantir que os processos de negócio atendam aos requisitos legais ambientais.

O controle ainda assegura a consideração dos impactos de um empreendimento, além de determinar medidas efetivas para reduzir ou eliminar riscos de danos ambientais.

A construção de rodovias e grandes projetos de construção civil, como resorts nos litorais e condomínios em área urbana, por exemplo, precisa fazer o monitoramento, seja com uma equipe própria ou contratando uma consultoria ambiental..

### **3.5.5 Gestão de Resíduos sólidos**

Resíduos sólidos e, particularmente, resíduos sólidos urbanos (RSU) são um tema cuja natureza doméstica, social, econômica e ambiental envolve diversos atores e sua gestão exige um conjunto de leis, de políticas e de ações que considerem esse contexto. No Brasil, abordar o todo da cadeia produtiva de resíduos sólidos exige considerar, além das leis que circundam o tema (sobre meio ambiente, saneamento básico, resíduos sólidos, saúde, trabalho, indústrias, tecnologias, proteção social, entre outros), aspectos como instrumentos e incentivos para o conjunto dos distintos atores envolvidos.

Na perspectiva da economia circular, é importante a compreensão dos resíduos enquanto recursos potencialmente dotados de valor econômico, na perspectiva de seu ciclo de vida, o que afasta a ideia de que sejam apenas objetos de descarte e de despesa (Brasil, 2010). Ao mesmo tempo, o devido cuidado com a destinação de resíduos perigosos implica, em geral, que apenas parte de seu ciclo produtivo envolve a reciclagem. Dessa forma, tendo em vista a necessidade de poupar recursos naturais e energia, bem como de promover uma economia movida pela inovação e pela sustentabilidade, os instrumentos das políticas de RU e de economia circular devem ser efetivos e passar por avaliação contínua.

No modelo brasileiro, as responsabilidades sobre a gestão dos resíduos sólidos envolvem desde o gerador (as pessoas, no caso doméstico; e o poder público, as empresas ou outros atores, no caso de atividade produtiva) até o destinador final do ciclo (a indústria que processa os recicláveis ou a natureza, que os recebe tratados ou não).

Portanto, há uma configuração de circularidade que justifica a abordagem de resíduos sólidos e economia circular em complementaridade. Isso reforça também a necessidade de considerar a cadeia produtiva dos resíduos sólidos para além dos serviços urbanos de coleta e de destinação de resíduos, objeto da política de saneamento básico.

Uma forma de iniciar a discussão que motiva este texto é situar o leitor na compreensão de que o Brasil não está no estágio zero desse processo, embora esteja atrasado na implementação de políticas e de instrumentos sobre o tema. Os artigos 1º, 2º e 5º da Lei nº 12.305/2010 - a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - ilustram a compreensão de que importantes passos já foram dados:

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Este Texto para Discussão (TD) parte da compreensão de que os resíduos sólidos devem ser vistos como um dos temas de grande importância para as pessoas, para as cidades e para o meio ambiente. Também se considera que os resíduos sólidos podem ser recursos dotados de valor econômico, ao longo de seu ciclo de vida, e não apenas objetos de descarte, especialmente no contexto da necessidade de preservação de recursos naturais e de energia e da promoção de uma economia baseada na inovação e na sustentabilidade. Assim, as políticas públicas desempenham um importante papel nesse suporte à economia circular em resíduos sólidos. O texto tem dois objetivos principais. O primeiro é apresentar um breve conjunto de dados selecionados sobre resíduos sólidos no Brasil, apontando lacunas a partir da relação entre resíduos sólidos e economia circular. O segundo objetivo é fazer uma análise inicial dos instrumentos da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) e da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), apontando elementos para seu aperfeiçoamento. O recorte metodológico envolve uma revisão bibliográfica e normativa acerca de resíduos sólidos urbanos (RSU) e sua relação com a economia circular, bem como a análise qualitativa de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e de outras bases setoriais, de coleta seletiva e de reciclagem. Os resultados apontam convergências significativas entre as leis nacionais de resíduos sólidos e os componentes essenciais da economia circular, além de um alinhamento com as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030. No entanto, o conjunto de variáveis sobre os serviços de resíduos sólidos, seu financiamento e o modelo de reciclagem adotado no Brasil não incentivam, de forma consistente, a economia circular e a sustentabilidade socioambiental nesse tema.

### **3.5.6 Mobilidade Urbana Sustentável**

A mobilidade urbana sustentável refere-se à promoção de uma relação equilibrada entre a satisfação das necessidades humanas e a preservação ambiental, garantindo a circulação de pessoas, mercadorias e cargas de maneira menos impactante ao meio ambiente. Trata-se de um tema de elevada relevância, uma vez que influencia diretamente o aumento do índice de qualidade de vida e do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), além de contribuir para a redução da emissão de poluentes e para a diminuição dos congestionamentos nas áreas urbanas.

A satisfação dessas necessidades evidencia a importância de ampliar a disponibilidade de serviços públicos compatíveis com as demandas populacionais. Contudo, por se tratar de um projeto que deve se orientar pela sustentabilidade, tais medidas não podem provocar impactos ambientais severos. É fundamental considerar que as futuras gerações também precisarão atender às suas demandas, as quais igualmente dependem do uso racional dos recursos naturais.

Ao abordar o conceito de desenvolvimento sustentável, torna-se necessário considerar, de forma conjunta, os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Projetos que envolvem a mobilidade urbana devem, portanto, analisar os efeitos gerados desde a sua concepção, não apenas após a execução. Esse processo inclui a avaliação do impacto sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente, possibilitando a adoção de medidas preventivas. Entre os fatores que podem ser contemplados, destacam-se a criação de tecnologias mais limpas no campo ambiental, o equilíbrio entre oferta e demanda, modelos de financiamento e remuneração viáveis, bem como a ampliação da acessibilidade para a população.

Esse cenário representa um desafio crescente para as grandes metrópoles, que enfrentam processos de expansão acelerada e intensa, associados ao aumento contínuo da aquisição de automóveis particulares. Esse fenômeno dificulta a implementação da mobilidade urbana sustentável, pois o uso exacerbado de veículos individuais resulta em maiores congestionamentos e intensificação da emissão de poluentes. Tais fatores contrariam diretamente os princípios defendidos por essa concepção.

Com o objetivo de concretizar a mobilidade urbana sustentável, observa-se como alternativa viável a adoção de transportes públicos elétricos, acompanhada da expansão da infraestrutura voltada para bicicletas e pedestres. À medida que essas condições forem sendo implementadas e aprimoradas, será possível identificar mudanças significativas, que vão desde a redução dos congestionamentos até a melhoria da qualidade de vida da população. Pequenas transformações nesse sentido podem se tornar fortes estímulos para que parte dos cidadãos substitua o uso constante de automóveis pelo deslocamento em bicicletas ou até mesmo por caminhadas, contribuindo de forma prática para um ambiente urbano mais sustentável.

### **3.5.7 Governança e Políticas Públicas Sustentáveis**

A governança sustentável é um componente central para a consolidação de cidades inteligentes, pois envolve a articulação coordenada entre os setores público, privado e sociedade civil. Segundo Sachs (2002) e ONU-HABITAT (2020), esse modelo requer transparência, participação social efetiva, accountability e a capacidade de formular políticas públicas integradas que conciliam desenvolvimento econômico, justiça social e preservação ambiental.

Instrumentos regulatórios e legais, como leis de incentivo à inovação verde, concessões fiscais para empresas que adotam tecnologias limpas e normas de eficiência energética, têm mostrado resultados significativos na promoção da sustentabilidade urbana (ELKINGTON, 1997). Programas nacionais e internacionais, como os **Fundos Verdes do Clima** ou iniciativas de cidades inteligentes na União Europeia e América do Norte, exemplificam como o financiamento público e privado pode viabilizar projetos de grande impacto, desde sistemas de transporte de baixa emissão até redes de energia renovável.

Além disso, parcerias público-privadas (PPPs) surgem como mecanismo estratégico, permitindo o compartilhamento de riscos e responsabilidades entre Estado e iniciativa privada, o que amplia a capacidade de investimento em projetos complexos e de longo prazo (LEFF, 2015). A integração com a sociedade civil, por meio de conselhos participativos e

plataformas de governança digital, reforça a legitimidade das políticas públicas, permitindo que demandas locais sejam incorporadas às estratégias urbanas.

A governança sustentável, portanto, não se limita à atuação do poder estatal, mas se consolida como uma rede colaborativa multidimensional, capaz de coordenar esforços para reduzir impactos ambientais, promover inclusão social e assegurar que as cidades evoluem de maneira resiliente e inovadora.

### **3.5.8 Desafios e Perspectivas Futuras**

A implementação de políticas públicas sustentáveis enfrenta desafios complexos, que se manifestam em dimensões tecnológica, econômica, cultural e institucional. Sob o aspecto tecnológico, muitas cidades ainda não dispõem de infraestrutura adequada para a instalação de redes inteligentes de energia, monitoramento ambiental em tempo real ou sistemas de transporte público eficiente e de baixo carbono (UNITED NATIONS, 2011). A ausência desses recursos limita a capacidade de adotar soluções inovadoras que aumentem a eficiência energética e reduzam as emissões de gases de efeito estufa.

No âmbito econômico, os altos custos de implantação e manutenção de projetos urbanos sustentáveis, aliados à escassez de recursos públicos em países em desenvolvimento, representam barreiras significativas. Muitas vezes, as prioridades orçamentárias são voltadas a necessidades emergenciais, como saúde, segurança e saneamento básico, dificultando a execução de políticas de longo prazo (SEN, 2000).

Culturalmente, a resistência da população e de setores econômicos a mudanças de hábitos de consumo e padrões produtivos é um obstáculo adicional. A superação dessa barreira exige educação ambiental contínua, campanhas de conscientização e incentivo à adoção de práticas sustentáveis no cotidiano (LEFF, 2015).

Do ponto de vista institucional, a fragmentação das políticas públicas e a falta de integração entre órgãos governamentais reduzem a efetividade das ações. O fortalecimento de redes colaborativas, conselhos municipais de sustentabilidade e plataformas digitais de gestão

participativa são estratégias importantes para aumentar a coordenação e a eficiência das políticas (ONU-HABITAT, 2020).

Perspectivas futuras apontam para a necessidade de cidades resilientes às mudanças climáticas, capazes de enfrentar enchentes, ondas de calor, secas e outros eventos extremos sem comprometer a qualidade de vida da população. Exemplos internacionais, como Copenhague, líder em mobilidade sustentável, e Curitiba, reconhecida por sua gestão de resíduos sólidos, demonstram que a replicação de boas práticas urbanas pode acelerar a transição para cidades inteligentes e inclusivas (JACOBS, 2011). A cooperação internacional, a inovação tecnológica e o fortalecimento da governança local emergem como elementos indispensáveis para superar desafios e consolidar um modelo urbano sustentável, justo e resiliente.

## **3.6 GESTÃO DE CIDADES**

### **3.6.1 Definição**

De acordo com Reinaldo Machado, as cidades inteligentes caracterizam-se pelo uso coordenado e estratégico da tecnologia e dos recursos disponíveis para formar centros urbanos integrados, habitáveis e sustentáveis, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida da população por meio da eficiência dos serviços e da satisfação de suas necessidades. Além de favorecer os cidadãos, esse modelo também fortalece a administração pública, que passa a planejar os serviços considerando demandas sociais, questões ambientais e de governabilidade. Com base nisso, este trabalho buscou identificar de que maneira as cidades inteligentes podem trazer benefícios para a gestão pública no Brasil, analisando suas especificidades, fragilidades e potencialidades, por meio de uma revisão sistemática da literatura em estudos científicos que sustentaram o referencial teórico sobre a relação entre cidades inteligentes, tecnologia e administração. Os resultados mostraram que, no Brasil, a criação dessas cidades ainda ocorre em nível bastante modesto, o que gera maiores desafios tanto para a aproximação entre poder público e atores sociais quanto para a efetiva concretização desse modelo.

### **3.6.2 Formas de ampliar a eficiência energética em cidades inteligentes**

De acordo com o blog Exati, uma das formas mais relevantes de ampliar a eficiência energética nas cidades inteligentes é investir em lâmpadas de LED, já que elas apresentam maior durabilidade e menor consumo de energia. Esse tema será aprofundado no próximo tópico. Além do LED, o uso de fontes renováveis se mostra uma alternativa viável, pois contribui tanto para a redução dos gastos públicos quanto para a diminuição dos impactos ambientais.

No entanto, para que a geração de energia renovável produza resultados efetivos, é indispensável o engajamento de moradores e empresas. Nesse sentido, podem ser implementados programas de incentivo ao uso da energia solar em residências ou a concessão de bonificações a empresas que adotem sistemas energéticos mais eficientes.

Outro aspecto essencial é a presença de uma rede elétrica inteligente, capaz de conectar todos os envolvidos nesse processo. Assim, a oferta e a demanda de energia podem ser ajustadas em tempo real por meio de um sistema de monitoramento e gerenciamento eficiente.

### **3.6.3 Gestão da distribuição de energia em cidades inteligentes**

*De acordo com o site Iberdrola, a gestão da distribuição de energia em cidades inteligentes enfrenta múltiplos desafios para garantir qualidade do ar e redução das emissões. Entre as principais tarefas está a integração de um volume cada vez maior de fontes renováveis, como vento, sol e água, além da eletrificação de setores como o transporte e a climatização, sendo o transporte responsável por mais de 25% das emissões globais de CO<sub>2</sub>. Outro aspecto relevante é o papel do consumidor, que, mais conectado e apoiado pela tecnologia, busca tomar decisões sobre seu consumo, adaptando-o ao seu estilo de vida e, muitas vezes, tornando-se também produtor de energia por meio do autoconsumo.*

As redes elétricas inteligentes possibilitam identificar áreas com maior consumo e locais mais afetados por interrupções, além de detectar equipamentos que apresentam falhas frequentes, reconhecer incidentes dentro da rede e até identificar fraudes. Com isso, oferecem previsões mais precisas de demanda e geração de energia, asseguram um nível superior de

fornecimento e permitem acompanhar em tempo real as necessidades de manutenção da infraestrutura, tornando-se ferramentas essenciais para a eficiência energética nas cidades do futuro.

### **3.6.4 Gestão de energia em Jacobina**

A gestão de energia em Jacobina está centrada em recursos hídricos e eólicos. No ano de 2024, houve a implementação de um complexo eólico em Jacobina. De acordo com a Rádio Jacobina FM, a implantação do Complexo Eólico Jacobina (CEJB), busca transformar o potencial eólico local em energia sustentável, promovendo desenvolvimento econômico e geração de empregos. O projeto também prevê transparência e diálogo com a comunidade, por meio de reuniões públicas para apresentar o andamento das obras, o licenciamento ambiental e ouvir as considerações dos moradores.

O Complexo Eólico Jacobina contribui para o conceito de cidades inteligentes ao gerar energia limpa e sustentável, reduzir impactos ambientais e apoiar o desenvolvimento econômico local. Além disso, a integração com a comunidade por meio de reuniões públicas reforça a participação cidadã, alinhando-se aos princípios de gestão eficiente, transparência e planejamento urbano presentes em cidades inteligentes.

## 3.7 MAPEAMENTO DA CIDADE/MUNICÍPIO DE JACOBINA

### 3.7.1 História:

Em princípios do século XVII, a corrida de bandeirantes e portugueses às minas de ouro descobertas em terras do atual município (ao que se sabe, por Roberto Dias) foi a origem da corrente inicial do devassamento e povoação de Jacobina. A notícia da exploração de minérios atraiu numerosos contingentes humanos à região (IBGE, 2025). Nesse mesmo período, iniciaram-se as atividades de criação de gado e de culturas agrícolas essenciais. À medida que novas levas de trabalhadores chegavam para o garimpo, o arraial à margem do rio Itapicuru Mirim foi crescendo rapidamente, reunindo uma população inicial densa e heterogênea (IBGE, 2025).

A exploração aurífera ocorria fora do controle oficial e em escala crescente, o que levou a Coroa Portuguesa, por meio de Provisão do Conselho Ultramarino de 13 de maio de 1726, a ordenar a criação de duas casas de fundição, sendo uma em Jacobina e outra em Rio de Contas. A de Jacobina foi instalada em 5 de janeiro de 1727 e, em apenas dois anos, arrecadou cerca de 3.841 libras de ouro, apesar das dificuldades de fiscalização (IBGE, 2025).

O arraial foi elevado à categoria de vila pela Carta Régia de D. João V, em 5 de agosto de 1720, com o nome de Vila Santo Antônio de Jacobina. A sede inicial foi a Missão de Nossa Senhora das Neves do Say, fundada em 1697 por franciscanos, mas em 15 de fevereiro de 1724 foi transferida para a Missão do Bom Jesus da Glória, onde foram erguidos a Igreja e o Convento homônimos (IBGE, 2025). A Capela do Bom Jesus da Glória, construída em 1706 por missionários franciscanos para catequese dos indígenas payayá, foi tombada pelo IPHAN em 1972 e constitui um dos mais importantes patrimônios históricos da cidade (Wikipédia — Capela do Bom Jesus da Glória, 2025).

A vila abrangia um território de cerca de 300 léguas, pertencente à Casa da Ponte dos Guedes de Brito, estendendo-se do Rio de Contas até os limites com Sergipe, incluindo a Cachoeira de Paulo Afonso. As terras onde hoje se localiza a cidade pertenciam a Antônio Guedes de Brito, Antônio da Silva Pimentel, João Peixoto Veigas e Romão Gramacho Falcão (IBGE, 2025). Após a descoberta de diamantes na Chapada Diamantina a partir de 1848, muitos mineiros migraram em busca de novas oportunidades, provocando um declínio econômico prolongado em Jacobina.

Esse cenário atrasou sua elevação à condição de cidade, que só ocorreu em 28 de julho de 1880, por meio da Lei Provincial n.º 2.049 (Wikipédia — Jacobina, 2025). No âmbito administrativo, Jacobina foi criada como distrito em 1677 e elevada a vila em 1722 (instalada em 24 de junho). Ao longo dos séculos XIX e XX, passou por diversas reestruturações territoriais: criação dos distritos de Riachão e Saúde em 1838; emancipação de Saúde em 1914; criação de Itapeipú em 1928; anexações e desmembramentos nas décadas seguintes; e, no século XX, emancipações de municípios como Várzea Nova (1985), Ourolândia (1989) e São José do Jacuípe (1989). Hoje, Jacobina é composta pelos distritos de Jacobina, Catinga do Moura, Itaitu, Itapeipú e Junco (IBGE, 2025).

### 3.7.2 Indicadores Demográficos e Socioeconômicos de Jacobina (BA)

O município de Jacobina, situado no estado da Bahia, apresenta um conjunto de indicadores socioeconômicos e demográficos que ajudam a compreender sua dinâmica de desenvolvimento. Esses dados, oriundos dos censos e bases estatísticas oficiais, permitem observar tanto avanços quanto entraves que persistem no tempo.



De acordo com o Censo de 2022, Jacobina possui 82.590 habitantes, sendo 39.465 homens e 43.125 mulheres. A idade mediana é de 34 anos, e o índice de envelhecimento é de 50,5 idosos para cada 100 crianças, evidenciando uma tendência de transição demográfica. A composição racial demonstra predominância de pessoas pardas (48.210), seguida por brancos (17.328) e pretos (16.588) (IBGE, 2022).

Cor ou Raça	Masculino	Feminino	Total
Parda	22.895	25.315	48.210
Branca	8.187	9.141	17.328
Preta	8.174	8.414	16.588
Indígena	153	181	334
Amarela	55	74	129



O perfil demográfico de Jacobina revela uma população predominantemente jovem e adulta, embora o envelhecimento ocorra de forma gradual, com implicações diretas para políticas públicas de saúde e previdência. Em 2010, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) foi de 0,649, classificado como **médio**. A análise por dimensões mostra que a **longevidade** apresentou o melhor desempenho, com índice de 0,770, considerado **alto**, enquanto a **renda** alcançou 0,640, classificada como **média**. A dimensão que apresentou maior desafio foi a **educação**, com índice de 0,560, classificado como **baixo**, configurando-se como o principal entrave para avanços mais significativos no desenvolvimento humano do município.

A fragilidade da área educacional em Jacobina é um dos principais fatores que contribuem para a estagnação de seu Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), sendo a educação o ponto mais crítico do índice. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) em 2021 registrou 4,6 nos anos iniciais e caiu para apenas 3,6 nos anos finais do ensino fundamental, acompanhando a tendência nacional e reforçando a vulnerabilidade local. Outro aspecto preocupante é a taxa de escolarização, que apresentou retração ao longo dos anos: de 97,30% em 2010, caiu para 96,45% em 2022. Embora a queda pareça pequena, ela evidencia dificuldades na manutenção de crianças e jovens na escola, especialmente durante a transição entre etapas educacionais.

O município possui uma rede educacional considerável, com 18.529 matrículas distribuídas entre 137 escolas e 1.144 docentes. A maior concentração está no ensino fundamental, com 11.505 matrículas em 62 escolas, enquanto o ensino infantil conta com 3.678 matrículas em 64 escolas, e o ensino médio com apenas 3.346 matrículas em 11 escolas. Essa distribuição revela que a oferta de ensino médio é insuficiente para atender toda a demanda, o que ajuda a explicar os resultados modestos obtidos no IDEB e evidencia a necessidade de políticas públicas que ampliem o acesso e a permanência na educação.

Além disso, indicadores históricos mostram avanços graduais, mas ainda desafios significativos. Entre 2000 e 2010, o percentual de crianças de 0 a 5 anos que não frequentavam a escola caiu de 73,84% para 59%, enquanto o percentual de adultos com mais de 18 anos sem ensino fundamental e em ocupações informais caiu de 67,59% para 50,03%. Apesar da redução da extrema pobreza infantil, que passou de 39,75% em 2000 para 19,57% em 2010, e da melhoria das condições de moradia, com aumento de domicílios com água encanada e banheiro de 54,17% para 76,13%, a desigualdade social permanece elevada, refletida pelo Índice de Gini de 0,55 em 2010, um dos mais altos da Bahia.

Esses fatores estruturais impactam diretamente a vida cotidiana da população, influenciando a mobilidade urbana e a segurança, especialmente no trajeto escolar. Nesse contexto, a melhoria da iluminação pública em áreas próximas a escolas, vias de grande circulação e bairros mais vulneráveis pode aumentar a segurança, reduzir riscos de acidentes e violência, e estimular a frequência escolar, contribuindo para um ambiente urbano mais seguro, acessível e inclusivo.

A economia de Jacobina cresceu de forma expressiva na última década. Em 2021, o Produto Interno Bruto (PIB) atingiu R\$ 1,87 bilhão, com um PIB per capita de R\$ 23.131,75, valor quase três vezes maior que o registrado em 2010. A economia local é diversificada, com destaque para os setores de serviços, indústria e administração pública, além da forte presença da mineração, especialmente na extração de minerais metálicos.

Em 2020, a composição do Produto Interno Bruto (PIB) de Jacobina revelou a diversificação de sua economia. O setor de **serviços** foi o mais expressivo, representando entre **37% e 44%** do PIB municipal. A **indústria** respondeu por **23% a 34%**, seguida pela **administração pública**, com participação de **20% a 34%**. Já a **agropecuária** teve peso menor na economia local, correspondendo a apenas **1% a 2%** do PIB.

Esse dinamismo econômico fez de Jacobina o município de maior crescimento em sua região imediata entre 2006 e 2021, com a mineração desempenhando papel central, não apenas como motor produtivo, mas também como responsável pela significativa arrecadação de CFEM (Compensação Financeira pela Exploração Mineral). Apesar disso, os indicadores sociais ainda apresentam desafios importantes.

A **taxa de mortalidade infantil** em 2023 foi de 11,65 óbitos por mil nascidos vivos, um índice inferior à média nacional de 12,6, mas que ainda expõe fragilidades na saúde pública. Em 2010, por exemplo, mais de mil internações foram registradas em decorrência de doenças relacionadas ao saneamento inadequado, evidenciando a forte relação entre infraestrutura básica e saúde infantil.

### **3.7.3 Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos em Jacobina (BA)**

As condições de saneamento e moradia em Jacobina revelam avanços importantes, mas também evidenciam desigualdades estruturais. Em 2022, a maior parte dos domicílios (28.987) era atendida regularmente pela coleta pública de lixo. Entretanto, ainda havia residências que recorriam a métodos inadequados, como a queima de resíduos (1.587 domicílios), o descarte em áreas públicas (224) ou o enterro do lixo (60), práticas que representam riscos ambientais e de saúde pública.

Do ponto de vista da cobertura, Jacobina apresenta desempenho acima da média baiana e equivalente ao cenário nacional. De acordo com o SNIS (2022), **90,28% da população municipal — o que corresponde a 74.566 habitantes** — tem acesso à coleta regular, percentual superior à média estadual (84,09%) e praticamente idêntico ao índice nacional (90,4%).

Isso significa que apenas uma parcela reduzida, cerca de **5,97% da população (aproximadamente 4.253 pessoas, segundo o IBGE)**, permanece sem atendimento adequado. Um dado alarmante do IBGE revela que, desse contingente sem coleta, **4.140 habitantes recorrem à queima do lixo** como principal forma de descarte, uma prática com sérias implicações para o meio ambiente e a saúde pública.

O maior desafio de Jacobina na gestão de resíduos não está na cobertura, mas na elevada geração. Segundo dados do SNIS (2022), cada habitante do município produz, em média, **1,61 kg de lixo por dia**, um volume muito acima das médias estadual (1,1 kg/hab/dia) e nacional (1,0 kg/hab/dia). Esse padrão de consumo intensivo pressiona a logística de coleta, encarece o serviço público e reduz a vida útil de futuros aterros sanitários.

O diagnóstico do setor de resíduos em Jacobina aponta para um claro paradoxo: ao mesmo tempo em que a geração de lixo é excessiva, o município já demonstra ter ferramentas para lidar com o desafio. Prova disso é seu sistema de coleta seletiva, que atinge uma taxa de recuperação de **3,08%** — um desempenho superior às médias baiana (2,3%) e nacional (2,4%). Este dado indica que já existe uma base operacional sólida para o fortalecimento da economia circular.

O caminho para a sustentabilidade, portanto, não pode se restringir à simples coleta e destinação final. O desafio é escalar essa capacidade já existente, avançando em políticas de redução e transformando o problema da alta geração em uma oportunidade. Com investimentos estratégicos em triagem, apoio a cooperativas e incentivo à reciclagem, Jacobina pode criar uma nova cadeia produtiva que gera emprego e renda enquanto reduz o impacto ambiental. O futuro dependerá dessa escolha: continuar apenas gerenciando o lixo ou passar a valorizá-lo como recurso.

### **3.7.4 Diagnóstico do Esgotamento Sanitário em Jacobina (BA)**

O esgotamento sanitário em Jacobina representa um dos principais gargalos socioambientais do município. Embora 18.233 domicílios estejam ligados à rede geral ou a fossas integradas à rede, ainda persistem condições precárias: mais de 7 mil domicílios utilizam fossas rudimentares e mais de 200 despejam dejetos diretamente em rios, lagoas ou valas.

### **Tabela x – Tipos de Esgotamento em Jacobina (2022)**

Tipo de Esgotamento	Nº de Domicílios
Rede geral / fossa ligada à rede	18.233
Fossa rudimentar	7.773
Fossa séptica não ligada à rede	3.929
Outra forma (vala, rio etc.)	635

Esses dados do **Instituto Água e Saneamento** revelam que, apesar da presença de infraestrutura urbana, uma parcela expressiva da população ainda convive com soluções improvisadas e inadequadas. Essa precariedade sanitária compromete diretamente a saúde pública e a qualidade de vida, demonstrando que o crescimento econômico e o aumento da renda per capita nos últimos anos não se converteram em melhorias sociais plenas.

A situação do saneamento básico em Jacobina apresenta um quadro alarmante. De acordo com o SNIS (2022), apenas **13,44% da população — cerca de 11.101 habitantes** — possui atendimento formal de esgotamento sanitário. Esse índice é dramaticamente inferior às médias da Bahia, que é de **41,2%**, e do Brasil, que alcança **55,5%**. Em contrapartida, um contingente de **86,56% da população, o que corresponde a 71.489 habitantes**, não possui acesso adequado a esse serviço essencial. O cenário se agrava ao constatar que **849 pessoas não dispõem sequer de banheiro** em suas residências.

Do ponto de vista operacional, a situação é ainda mais crítica. O índice de coleta de esgoto corresponde a apenas **6,83%** do volume total gerado, um valor muito distante dos indicadores estaduais (**71,3%**) e nacionais (**70,2%**). O tratamento de esgoto alcança um patamar igualmente baixo, com somente **6,43%** do volume recebendo tratamento adequado, enquanto a média na Bahia é de **57,4%** e no Brasil, **57,5%**. Como consequência direta dessa ineficiência, estima-se que em 2022 mais de **2,7 milhões de m³ de esgoto (2.774,19 mil m³)**

foram despejados sem qualquer tipo de tratamento nos corpos hídricos locais, gerando impactos severos na qualidade da água e dos ecossistemas.

Outro aspecto relevante é a discrepância entre a percepção popular e os dados técnicos. Segundo o IBGE (2022), **58,48% dos domicílios de Jacobina** declararam estar ligados à rede geral, rede pluvial ou fossa integrada à rede. No entanto, os indicadores operacionais revelam que muitas dessas ligações ocorrem em sistemas precários ou inoperantes, sem o devido encaminhamento para tratamento. Esse fenômeno cria uma “falsa sensação de saneamento”, que dificulta a mobilização social e o reconhecimento da gravidade do problema.

Diante do exposto, o esgotamento sanitário se consolida como o maior e mais urgente passivo socioambiental de Jacobina. A combinação de baixa cobertura, soluções improvisadas e o despejo contínuo de esgoto bruto nos corpos hídricos não é apenas uma falha de infraestrutura, mas uma ameaça direta à saúde pública e à integridade ecológica. Superar este cenário exige uma ação imediata e robusta do poder público, focada na universalização da rede de coleta e tratamento, como condição inegociável para garantir a dignidade e a qualidade de vida da população.

### **3.7.5 Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água em Jacobina**

O sistema de abastecimento de água em Jacobina apresenta alta eficiência operacional, mas ainda revela desigualdades socioespaciais importantes. De acordo com o Instituto Água e Saneamento (2022), a cobertura por rede pública atinge **86,75% da população (71.647 habitantes)**, índice superior às médias estadual (79,71%) e nacional (84,24%). Apesar desse avanço, cerca de **10.943 moradores (13,25%)** permanecem sem acesso formal, e dentro desse grupo, **2.777 pessoas não possuem sequer água encanada em suas residências**, dependendo de fontes alternativas.

No aspecto da eficiência técnica, Jacobina se destaca com **índice de hidrometração de 99,53%**, o que garante controle quase integral sobre os volumes distribuídos. Já o **índice de perdas na distribuição é de 35,96%**, valor melhor que a média estadual (40,59%) e

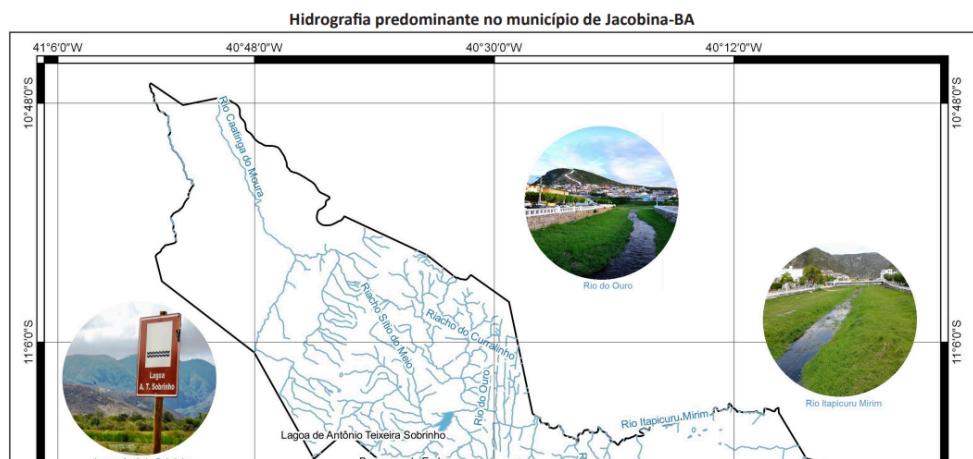
próximo da média nacional (36,24%), evidenciando um desempenho relativamente estável em comparação ao restante do país.

O acesso à água em Jacobina, contudo, esbarra em uma significativa barreira econômica. Com uma tarifa média de **R\$ 6,08 por metro cúbico**, o custo do serviço na cidade é **11,36% superior à média nacional (R\$ 5,46/m<sup>3</sup>)**. Este valor elevado impõe um peso direto sobre o orçamento das famílias e, consequentemente, restringe o uso do recurso. O reflexo disso é um consumo médio per capita de apenas **118,2 litros por habitante/dia**, consideravelmente abaixo tanto da média baiana (**121,79 L/hab/dia**) quanto da nacional (**153,26 L/hab/dia**), evidenciando que o preço atua como um fator de exclusão e compromete o bem-estar da população.

### 3.7.6 Hidrografia:

Com base no artigo "**Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: Diagnóstico do Município de Jacobina – Estado da Bahia**", de 2005, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), a disponibilidade de água de superfície é sazonal e a água subterrânea, embora abundante, apresenta desafios de qualidade. A hidrografia de Jacobina está, de fato, fortemente conectada à Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, que é uma das mais importantes do nordeste da Bahia. O Rio Itapicuru nasce na Serra de Jacobina e flui em direção ao oceano Atlântico. A cidade de Jacobina tem sua ocupação urbana desenvolvida historicamente próxima aos rios Itapicuru-Mirim e Rio do Ouro, que são afluentes do Rio Itapicuru.

A característica principal desses cursos d'água é a intermitência, o que significa que eles têm seu fluxo reduzido ou até mesmo secam completamente durante os períodos prolongados de estiagem, uma condição comum na região do semiárido baiano. Essa realidade reforça a importância dos recursos hídricos subterrâneos e de outras fontes de abastecimento para a população.



### **Figura 1: Hidrografia Predominante em Jacobina**

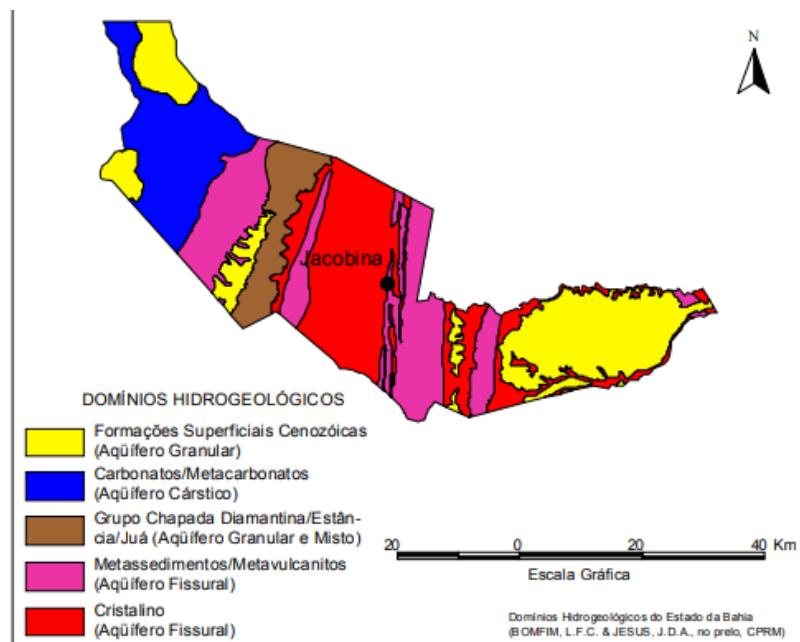
O abastecimento de água da cidade de Jacobina não depende apenas de seus rios intermitentes, mas é complementado por um sistema que capta água de barragens. De acordo com a Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa), as principais barragens que fornecem água para a cidade são:

- Barragem de Pindobaçu: Uma das principais fontes de abastecimento, utilizada para reforçar a oferta de água na cidade e normalizar a frequência de fornecimento, especialmente em períodos de seca.
- Barragem de Cachoeira Grande: Também faz parte do sistema de abastecimento, mas em alguns períodos pode operar com níveis de água críticos.
- Rio do Ouro: A captação de água bruta nesse rio é essencial para o tratamento e distribuição.
- Barragem do Itapicuruzinho: Outra fonte de captação que integra o sistema de abastecimento de água da cidade.

**O artigo detalha** a existência de cinco domínios hidrogeológicos distintos no município de Jacobina, cada um com suas características específicas de armazenamento e fornecimento de água:

- Formações Superficiais Cenozóicas: Estas funcionam como um "áquifero granular" e são compostas por rochas sedimentares. Por possuírem alta porosidade e permeabilidade, oferecem excelentes condições de armazenamento e podem produzir vazões significativas em poços tubulares.
- Carbonatos/Metacarbonatos: Este sistema aquífero se desenvolve em terrenos de rochas calcárias e dolomíticas. A presença de dissolução cárstica (cavernas, dolinas) e fraturas alargadas pela água permite a acumulação de volumes consideráveis de água. No entanto, sua distribuição é irregular e heterogênea, e a água costuma ter uma dureza elevada.

- Grupo Chapada Diamantina: Composto por arenitos e outras litologias, este é classificado como um aquífero "misto" ou "fissural". Possui porosidade primária baixa, mas a água se acumula em fraturas e fendas, o que lhe confere um potencial hidrogeológico de baixo a médio.
- Metassedimentos/Metavulcanitos e Cristalino: Estes domínios têm o comportamento de "áquifero fissural". Como não possuem porosidade primária, a ocorrência de água subterrânea depende de fraturas e fendas. Isso resulta em reservatórios aleatórios, de pequena extensão e com vazões geralmente baixas. A água nesses domínios é frequentemente salinizada.



**Figura 2: Domínio Hidrogeológico de Jacobina**

O levantamento realizado pela CPRM registrou um total de 105 poços tubulares e 2 fontes naturais. A situação e a propriedade desses poços estão resumidas nas seguintes tabelas:

Status	Percentual	Propriedade	Percentual
Em Operação	59% (61 poços)	Particular	54%
Paralisado	15% (16 poços)	Pública	46%
Não Instalado	14% (15 poços)		
Abandonado	12% (13 poços)		

Tabela x

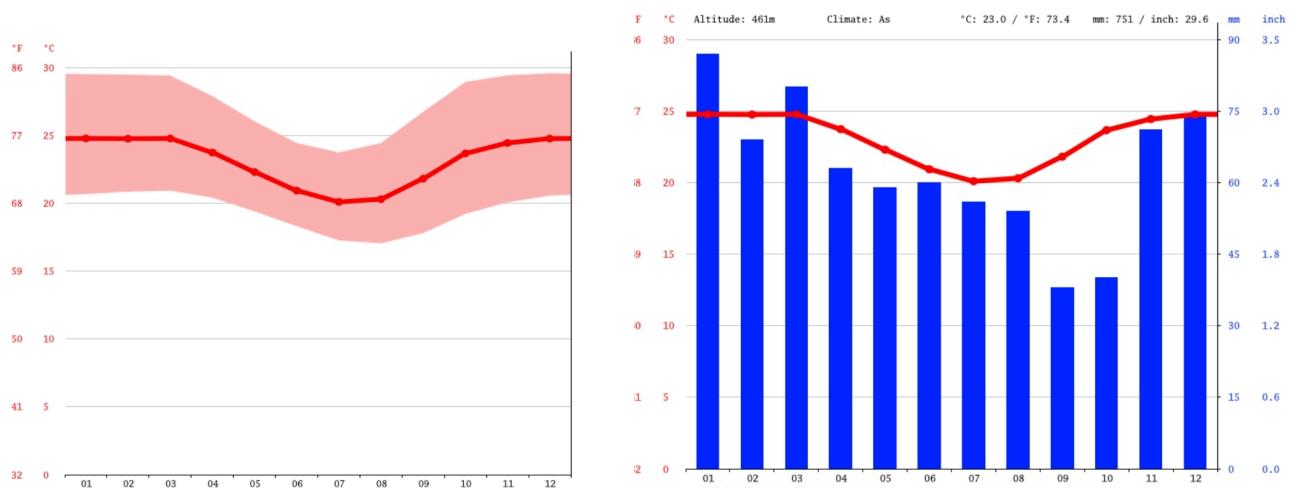
A análise de 83 amostras de poços mostrou que a maior parte da água subterrânea é imprópria para consumo humano sem tratamento. A classificação aponta para 47% como Salobra, 30% como Salgada e apenas 23% Doce.

Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) superam o limite de 1.000 mg/L definido pela FUNASA. O artigo conclui que, apesar da existência de fontes alternativas de abastecimento, a qualidade da água subterrânea é um desafio significativo, exigindo monitoramento e tratamento para garantir a sustentabilidade hídrica do município, sobretudo em períodos de estiagem.

### 3.7.7 Jacobina: Clima e Vegetação

A compreensão das condições climáticas locais é essencial para o planejamento urbano, agrícola e ambiental. Para este trabalho, a análise do clima da cidade de Jacobina, situada no estado da Bahia, Brasil, foi realizada com base nos dados disponibilizados pelo portal Climate-Data.org. A cidade está inserida em uma zona de clima tropical do tipo Aw segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizada por verões úmidos e invernos secos.

Jacobina apresenta uma temperatura média anual de 23,0 °C, com uma variação relativamente baixa que indica estabilidade térmica ao longo do ano. Contudo, a distribuição mensal, detalhada na Figura 1, evidencia um período de temperaturas mais amenas no meio do ano, coincidindo com o inverno, sendo julho o mês mais frio (20,1 °C), e um pico de calor em janeiro, o mês mais quente (24,8 °C).



**Figura 3. Gráfico Gráfico de Temperatura Média Mensal e Climático Jacobina**

A sazonalidade é mais pronunciada no regime de chuvas, como ilustra o gráfico climático na Figura 2. A concentração da precipitação nos meses de verão (com pico em janeiro, 87 mm), seguida por um período de estiagem no inverno (com o mínimo em setembro, 38 mm), é um fator determinante para o planejamento urbano.

Além da temperatura e precipitação, a análise climática inclui outros fatores relevantes como a umidade relativa do ar, que atinge seu pico em junho (79,30%) e seu ponto mais baixo em outubro (62,81%), e a insolação, que define a quantidade de horas de sol. Estes dados complementares estão consolidados na Tabela X.

Mês	Temp. Média (°C)	Temp. Mín. (°C)	Temp. Máx. (°C)	Precipitação (mm)	Umidade (%)	Dias Chuvosos (d)	Horas de Sol (h)
Janeiro	24,8	20,7	29,5	87	67	10	7,2
Fevereiro	24,8	20,8	29,5	80	68	11	6,9
Março	24,8	20,9	29,4	80	69	11	6,8
Abril	23,7	20,4	27,9	63	74	10	5,0
Maio	22,3	19,4	26,8	50	77	12	3,6
Junho	20,9	18,3	24,4	61	79	13	3,2
Julho	20,1	17,3	23,7	55	78	14	3,1
Agosto	20,3	17,5	24,2	54	75	9	3,6
Setembro	21,8	18,7	26,0	38	63	6	4,7
Outubro	23,7	19,8	28,7	40	63	7	5,7
Novembro	24,4	20,1	29,4	71	63	8	6,3

Dezembro	24,8	20,8	29,8	86	65	9	7,2
----------	------	------	------	----	----	---	-----

Tabela X -

O clima de Jacobina influencia diretamente a qualidade de vida em áreas urbanas, especialmente aquelas que são mal iluminadas. Nos meses de menor insolação e maior umidade, esses locais tendem a ficar ainda mais escuros e propensos a problemas secundários, como mofo e uma maior sensação de insegurança, o que pode levar a um aumento no consumo de energia elétrica para compensar a falta de luz natural. Portanto, a compreensão dessas variações climáticas é fundamental para o diagnóstico de problemas urbanos e para a proposição de soluções que visem a melhorar a iluminação e, consequentemente, a qualidade de vida nesses espaços.

A vegetação de Jacobina, na Bahia, é bastante diversificada devido ao relevo montanhoso e ao clima variado da região. Predomina a caatinga, típica do semiárido, formada por plantas resistentes à seca, mas também existem áreas de cerrado, campos rupestres nos topo das serras e florestas semidecíduas ao longo de vales e margens de rios. Essa diversidade cria um verdadeiro mosaico de paisagens naturais, com grande importância ecológica e hídrica.

Em Jacobina, destacam-se iniciativas de preservação, como o Parque Natural da Macaqueira, dentro da área urbana, e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural no Vale do Ribeirão, que ajudam a proteger e regenerar a vegetação nativa. Entretanto, o município também enfrenta ameaças ambientais, como a perda de cobertura vegetal devido à expansão de pastagens e o risco de incêndios, que afetam especialmente ecossistemas frágeis, como as turfas de montanha. Na área urbana, a arborização é relativamente presente, mas ainda carece de maior diversidade de espécies e melhor planejamento.

Assim, a vegetação de Jacobina reflete tanto a riqueza natural da região quanto os desafios de conservação e uso sustentável dos recursos. Jacobina está situada a aproximadamente 463 metros de altitude acima do nível do mar. Entretanto, ao se observar o relevo da região com mais detalhe, percebe-se uma variação significativa, com terrenos que vão desde cerca de 338 metros, no ponto mais baixo, até 1.249 metros, no ponto mais alto, e

uma altitude média em torno de 596 metros. Essa diversidade altimétrica é característica de sua configuração montanhosa, marcada por serras, vales e morros, conferindo à cidade não apenas uma paisagem cênica, mas também potencial para atividades ecológicas e turísticas.

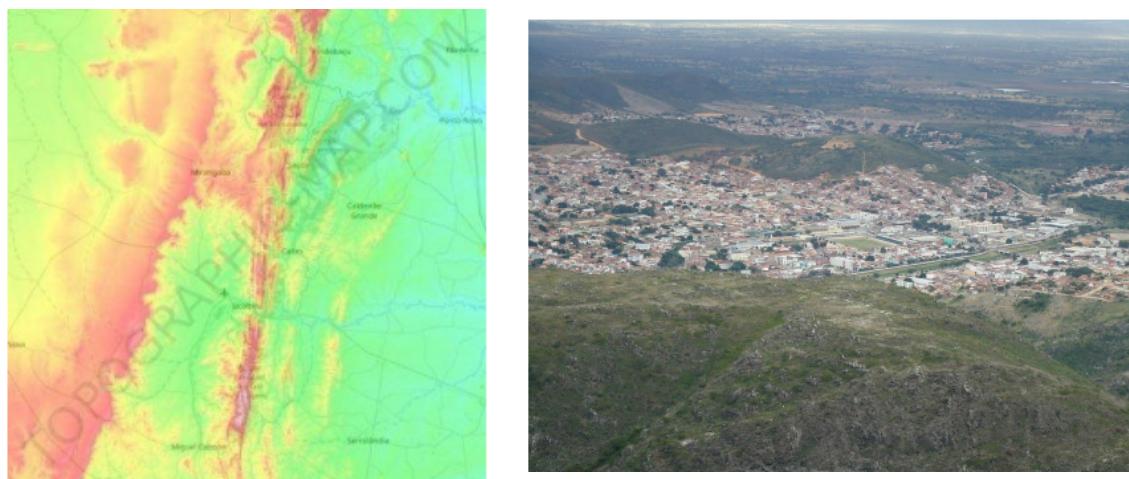
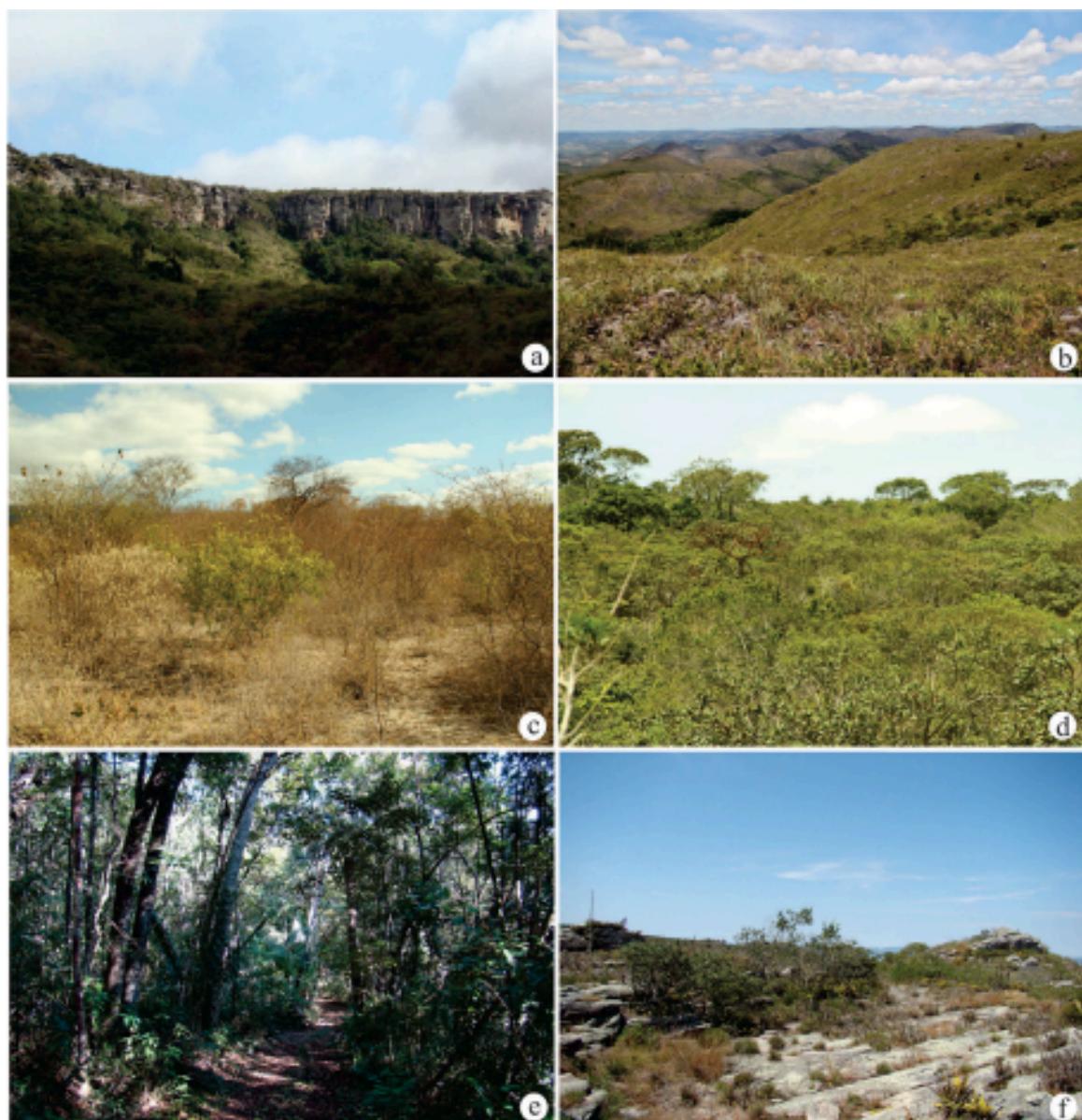


Figura 4: Mapa topográfico e vista panorâmica da cidade



**Figura 5: Vegetação de Jacobina**

### **3.7.8 Economia e problemas**

Nos últimos anos, a Prefeitura de Jacobina vem implementando um processo contínuo de modernização da iluminação pública, com foco em economia e segurança para a população. De acordo com o portal Jacobina Notícia (2022), a cidade possui atualmente quase 11 mil pontos de luz, e a substituição de lâmpadas de vapor de sódio por luminárias em LED já alcança cerca de 95% da malha de postes do município, incluindo tanto áreas urbanas quanto distritos e zona rural. Essa requalificação tem impacto direto na redução de delitos contra o patrimônio e contra a vida, ao mesmo tempo em que contribui para a diminuição dos custos de consumo de energia elétrica, revelando a efetividade do planejamento municipal.

A gestão da iluminação pública envolve contratos relevantes com empresas especializadas. Em 2021 e 2022, a Prefeitura de Jacobina firmou *contratos anuais de manutenção e operação do sistema, cada um no valor de R\$ 1.400.000,00*, com as empresas Energize Montagem & Iluminação Ltda. (Contrato nº 119/2021), Chapada Serviços Elétricos Ltda. (Contrato nº 424/2021), PGS Construtora Eireli (Contrato nº 308/2022) e Soluções Serviços Elétricos Ltda. (Contrato nº 327/2021) (Prefeitura Municipal de Jacobina, 2021–2022). Esses contratos asseguram a continuidade da manutenção corretiva e preventiva do sistema, evidenciando o alto custo operacional necessário para manter a iluminação pública em funcionamento. Em complemento, a Dispensa nº 019/2025 autorizou a contratação de serviços e a aquisição de materiais específicos para manutenção, como cabos rígidos e flexíveis, relés, luminárias, refletores e lâmpadas de LED, com valor estimado em R\$ 62.495,63 (Prefeitura Municipal de Jacobina, 2025). Esse conjunto de contratos e dispensas mostra que, além do investimento em expansão, há um custo permanente e elevado para garantir a manutenção da infraestrutura elétrica da cidade.

Do ponto de vista financeiro, *Jacobina apresenta capacidade significativa de investimento*. A Lei Orçamentária Anual de 2025 prevê receita total de R\$ 479,7 milhões, o que demonstra robustez fiscal para sustentar projetos estruturantes. Dentro desse montante, destaca-se a arrecadação da Contribuição para o Custo da Iluminação Pública (COSIP), que gera anualmente cerca de R\$ 6,4 milhões, recurso específico para iluminação pública e que assegura a viabilidade de iniciativas de modernização. Além disso, o município destina R\$ 36,4 milhões para urbanismo, uma área diretamente relacionada à melhoria da infraestrutura

urbana, reforçando a compatibilidade entre os investimentos planejados e as demandas locais (Prefeitura Municipal de Jacobina, 2025).

**Receita Municipal – LOA 2024 (Jacobina) - Jacobina arrecada quase meio bilhão de reais/ano.**

Categoría	Valor (R\$)
Receita Total Estimada	479.746.659,00
Receitas Correntes	431.584.935,00
Receitas de Capital	13.000.000,00
Receitas Intraorçamentárias	67.855.226,00
(-) Deduções do Fundeb	-32.693.502,00

Fonte de Receita	Valor (R\$)
Transferências Correntes (União/Estado)	348.693.936,00
Impostos, Taxas e Contribuições Locais	51.739.864,00
Contribuição de Iluminação Pública (COSIP)	6.423.896,00

- A maior parte da receita vem de **transferências externas**, mas o município também possui arrecadação própria sólida, com destaque para a **COSIP**, fundamental para projetos de iluminação pública.

**Estrutura de Despesas – LOA 2024**

Função de Governo	Valor Previsto (R\$)
Saúde	121.013.844,00
Educação	116.678.365,00
Previdência Social	71.738.748,00
Urbanismo	36.402.834,00
Saneamento	17.055.000,00
Gestão Ambiental	3.260.325,00

- Saúde e educação concentram a maior parte do orçamento. O **urbanismo**, que inclui iluminação, tem relevância significativa. A **gestão ambiental** ainda recebe poucos recursos.

O diagnóstico da cidade de Jacobina revela um descompasso entre a destinação orçamentária e as demandas efetivas da população, especialmente no que diz respeito à iluminação pública. O Relatório Resumido da Execução Orçamentária mostra que uma parte considerável das receitas municipais é absorvida pelo pagamento de encargos e dívidas, o que reduz a capacidade de investimento direto em áreas essenciais do cotidiano urbano. Esse cenário tem gerado insatisfação popular, pois enquanto os recursos se concentram no custeio da máquina pública, problemas básicos, como a iluminação das ruas, permanecem sem solução adequada.

A população local tem manifestado crescente insatisfação com a precariedade da iluminação, que impacta diretamente na sensação de mobilidade urbana. *Segundo reportagem do Blog da Exati (2023)*, a falta de iluminação adequada amplia a vulnerabilidade dos cidadãos, favorece o aumento da criminalidade e gera insegurança generalizada nos espaços públicos. Tal situação é visível em diversos bairros de Jacobina, onde lâmpadas queimadas permanecem sem substituição por longos períodos. A própria Prefeitura, em suas redes sociais, reconheceu o problema ao criar um canal de comunicação via WhatsApp para denúncias de pontos apagados (Prefeitura de Jacobina, 2023). Ainda que seja uma medida prática, a estratégia acaba funcionando como paliativo, sem resolver a causa estrutural do problema: o investimento insuficiente e a falta de planejamento de longo prazo.

Além disso, a frustração popular se intensifica diante da cobrança da taxa de iluminação pública, que em Jacobina sofreu aumentos recentes. *Moradores relataram ao jornal A Tarde (2023)* que a elevação da tarifa não se refletiu em melhorias reais no serviço, o que acentua a percepção de desigualdade e má gestão. Muitos cidadãos sentem-se lesados ao pagar mais caro por um serviço que continua ineficiente, o que compromete a confiança na administração municipal. Essa contradição entre arrecadação e aplicação prática dos recursos é um reflexo direto da priorização de encargos e despesas administrativas, em detrimento de investimentos que poderiam gerar qualidade de vida e bem-estar à população.

As principais taxas municipais de Jacobina (BA), vigentes em 2025, estão regulamentadas pelo Código Tributário Municipal e podem ser consultadas no Portal da Transparência da Prefeitura e no sistema SAATRI (Sistema de Auto Atendimento Tributário), responsável pela emissão dos Documentos de Arrecadação Municipal (DAM). O Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) incide anualmente sobre propriedades urbanas, com base de cálculo no valor venal do imóvel; para uma residência de médio porte, o valor exemplificativo é de R\$ 450,00 (JACOBINA, 2025a). O Imposto Sobre Serviços (ISS) é aplicado a empresas e profissionais autônomos, variando entre 2% e 5% sobre o valor do serviço prestado; por exemplo, um serviço de R\$ 4.000,00 gera R\$ 200,00 de ISS (JACOBINA, 2025b). A Taxa de Alvará corresponde ao licenciamento anual de estabelecimentos, com valor aproximado de R\$ 350,00 para comércio de médio porte (JACOBINA, 2025a). Já a Taxa de Coleta de Lixo é vinculada ao imóvel atendido pelo serviço municipal, estimada em R\$ 120,00 anuais para residências médias (JACOBINA, 2025a). Por fim, a Prefeitura cobra valores adicionais para serviços administrativos, como a emissão de certidões, cuja segunda via custa R\$ 25,00 (JACOBINA, 2025a).

Essas obrigações podem ser acessadas e quitadas digitalmente pelo SAATRI, que centraliza a emissão de guias de pagamento, e complementadas por consultas no Portal da Transparência e no e-SIC, em conformidade com a Lei de Acesso à Informação (BRASIL, 2011).

Portanto, o diagnóstico evidencia que a iluminação pública em Jacobina não é apenas uma questão técnica, mas social e política. A gestão orçamentária, voltada majoritariamente para encargos, deixa em segundo plano serviços básicos cuja ausência é percebida diariamente pelos moradores. Nesse sentido, torna-se urgente reavaliar a alocação de recursos, de forma a priorizar investimentos em infraestrutura urbana essencial, como a iluminação, alinhando a execução orçamentária às reais necessidades da comunidade.

### **3.7.9 Projeto Santa Diana**

O Complexo Eólico Ventos de Santa Diana, localizado entre os municípios de Jacobina, Miguel Calmon e Várzea Nova (Bahia), encontra-se em fase de pré-construção e representa um dos maiores empreendimentos de energia renovável da região. O projeto prevê a instalação de 14 parques eólicos, totalizando 882 MW de potência instalada e 210

aerogeradores modelo VESTAS V150, cada um com 4,2 MW de capacidade (CASA DOS VENTOS, 2019).

Segundo o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), a área diretamente afetada soma 1.021,80 hectares, dentro de um total de 13.962,10 hectares arrendados. O bioma predominante é a Caatinga, com presença de espécies vegetais nativas ameaçadas e fauna diversificada, incluindo aves migratórias e mamíferos em risco (CASA DOS VENTOS, 2019). O investimento estimado ultrapassa R\$ 4,7 bilhões, sendo a maior parte destinada à aquisição de equipamentos (R\$ 3,6 bilhões) e obras civis (R\$ 596 milhões), além de recursos aplicados em ações socioambientais (R\$ 157 milhões) (ANEEL, 2022).

O cronograma aprovado pela ANEEL (2022) estabelece marcos importantes, como início da montagem do canteiro em agosto de 2023, operação em teste até junho de 2024 e previsão de operação comercial para agosto de 2024. O sistema será conectado à rede por meio da subestação coletora SE Jacobina (500 kV) e uma linha de transmissão de aproximadamente 102 km até a SE Morro do Chapéu II.

Embora o projeto ofereça vantagens substanciais, há preocupações ambientais não negligenciáveis. O Ministério Público da Bahia solicitou ao INEMA a exigência de EIA/RIMA e realização de audiências públicas, alertando para os impactos paisagísticos irreversíveis decorrentes da supressão de vegetação, estimada em milhões de metros quadrados (MP-BA, 2020).

Além disso, como em outros contextos, o desenvolvimento eólico pode provocar remanejamento de fauna, como o desvio de trajetos migratórios de onças-pardas e pintadas, além de aumentar a exposição da vida silvestre a colisões e fragmentação do habitat (UOL Ecoa, 2023).

A implantação dos complexos eólicos na Bahia, incluindo o Ventos de Santa Diana, deve gerar aproximadamente 9.300 empregos diretos e indiretos durante as fases de construção e operação, com previsão de investimento de R\$ 9,1 bilhões, segundo protocolos assinados com o Governo do Estado (SDE, 2020). O arrendamento de terras ainda permite que os proprietários rurais mantenham suas atividades agrícolas, promovendo renda complementar e preservação do uso do solo (SDE, 2020).

Do ponto de vista socioeconômico, o projeto trará benefícios como geração de empregos, melhoria da infraestrutura viária e incremento da renda local. No entanto, também estão previstos impactos negativos como supressão vegetal, alterações no relevo e risco de colisão de aves e morcegos, os quais deverão ser mitigados por programas de compensação ambiental (CASA DOS VENTOS, 2019).

Assim, o empreendimento apresenta-se como ambientalmente viável, com impactos considerados compensáveis frente ao ganho estratégico de produção de energia limpa e sustentável para o estado da Bahia e para o Brasil.

**Tabela X – Detalhes técnicos e localização do Parque Eólico Ventos de Santa Diana.** *Fonte: GEM Wiki (2025)*

<b>Nome da fase</b>	<b>Estado</b>	<b>Capacidade instalada</b>	<b>Município de implantação</b>	<b>Coordenadas aproximadas (WGS 84)</b>
1	Pré-construção	46,2 MW	Jacobina (BA)	-11.05 a -11.13, -40.67 a -40.69
2 a 5	Pré-construção	42 MW cada	Jacobina (BA)	-11.05 a -11.13, -40.67 a -40.69
6	Pré-construção	37,8 MW	Jacobina (BA)	-11.16, -40.68
7 a 9	Pré-construção	42 MW cada	Várzea Nova (BA)	-11.20 a -11.25, -40.79 a -40.82
10 e 11	Pré-construção	46,2 MW cada	Miguel Calmon (BA)	-11.28 a -11.30, -40.81 a -40.83

### **3.8 PLANEJAMENTO DE GESTÃO DE RISCO**

A gestão de risco corresponde ao conjunto de práticas utilizadas para identificar, avaliar e mitigar ameaças que possam comprometer a segurança, a performance, a rentabilidade e a continuidade de um projeto. Esse processo considera fatores técnicos, ambientais, financeiros, sociais e regulatórios, sendo fundamental para antecipar problemas, proteger profissionais, prevenir perdas econômicas, evitar penalidades legais e aumentar a credibilidade da organização diante de investidores, órgãos reguladores e da própria comunidade.

No cenário internacional, destaca-se a **ISO 31000**, que estabelece princípios e processos gerais para a gestão de riscos, além da **ISO 45001**, voltada à saúde e segurança ocupacional, e da **ISO 14001**, direcionada à gestão ambiental. No Brasil, a **ANEEL** define regras de segurança e continuidade no setor elétrico, enquanto órgãos como **ANM** e **IBAMA** atuam em questões ligadas a licenciamento e impacto ambiental. Normas como a **NR-10** (segurança em eletricidade) e a **NR-12** (máquinas e equipamentos) também são aplicáveis em projetos de geração e distribuição de energia.

Além disso, operadores e concessionárias, como o **Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)**, estabelecem padrões de confiabilidade da rede, complementados por legislações estaduais e municipais que tratam de impactos ambientais locais, como ruídos, fauna e uso do solo. Assim, a gestão de riscos integra múltiplas dimensões regulatórias, funcionando como um eixo estratégico para garantir a sustentabilidade e a segurança de empreendimentos urbanos e energéticos.

#### **Iluminação pública de Jacobina**

Segundo a **Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica)**, o Brasil dispõe de um potencial estimado de aproximadamente **500 gigawatts (GW)** em geração eólica, volume capaz de suprir cerca de três vezes a demanda energética atual do país. Esse montante é superior em mais de três vezes à produção elétrica obtida por outras fontes, como hidrelétrica, biomassa, gás natural, petróleo, carvão mineral e nuclear.

Atualmente, a energia proveniente dos ventos ocupa a **quarta posição** na matriz elétrica brasileira. O **Nordeste** é responsável por 86% da produção de energia eólica do país, com mais de 7 mil aerogeradores em 601 parques eólicos. A região de **Jacobina** possui forte concentração de parques eólicos e está em constante desenvolvimento no setor, com destaque para:

- **Parque Eólico Serra do Tombador;**
- **Fábrica de torres eólicas TEN;**
- **Futuro Complexo Eólico Jacobina (CEJB).**

Para melhorar a iluminação pública da cidade, aumentar a quantidade de energia elétrica proveniente dos parques eólicos é uma solução prática e ambientalmente menos danosa.

A operação de usinas eólicas, embora baseada em uma matriz renovável e limpa, envolve uma série de riscos que precisam ser cuidadosamente monitorados e mitigados para garantir eficiência, segurança e sustentabilidade a longo prazo. Entre os **riscos técnicos e operacionais**, falhas em turbinas — como problemas em rolamentos, pás e geradores — podem comprometer a disponibilidade do parque eólico, gerando perdas significativas de produção. A manutenção inadequada resulta em paradas não planejadas, enquanto falhas em subestações e cabos de transmissão podem isolar o empreendimento da rede. Soma-se a isso a escassez de peças sobressalentes ou de mão de obra especializada, um problema recorrente no Brasil, especialmente em áreas remotas onde essas usinas costumam ser instaladas.

No âmbito dos **riscos ambientais**, a variabilidade dos ventos representa um desafio constante, já que a produção real pode divergir das previsões, afetando a previsibilidade financeira do empreendimento. Impactos sobre aves, morcegos e ecossistemas locais geram não apenas preocupações ambientais, mas também riscos legais e de imagem, uma vez que comunidades e órgãos reguladores podem impor restrições mais severas. Eventos climáticos extremos, como tempestades, descargas elétricas e corrosão em ambientes litorâneos, reforçam a necessidade de tecnologias de proteção avançadas e de planos de contingência.

Os **riscos financeiros** também são expressivos: a flutuação dos preços da energia no mercado pode reduzir margens de lucro, enquanto custos inesperados de manutenção e variações cambiais em equipamentos importados pressionam o orçamento. Além disso,

atrasos em financiamentos ou mudanças em políticas de incentivo podem comprometer a viabilidade econômica do empreendimento. No campo da **segurança e saúde ocupacional**, as operações em altura, a manipulação de sistemas elétricos de alta tensão e as condições de trabalho em locais isolados expõem trabalhadores a riscos severos, exigindo programas de segurança bem estruturados.

Já os **riscos legais e regulatórios** estão ligados às constantes mudanças na legislação ambiental e às exigências de licenciamento, que podem atrasar ou até inviabilizar projetos. O setor também é fortemente influenciado por políticas públicas e subsídios, cuja alteração pode modificar radicalmente a atratividade do investimento. Paralelamente, os **riscos sociais** incluem conflitos pelo uso do solo, impactos visuais e ruídos, que afetam a aceitação das comunidades locais e podem gerar resistência ou ações judiciais contra os empreendimentos.

O processo de gestão de riscos em usinas eólicas deve ser entendido como um **ciclo contínuo**. Primeiro ocorre a **identificação dos riscos**, abrangendo aspectos técnicos, financeiros, ambientais, sociais e regulatórios. Em seguida, procede-se à **análise e avaliação**, estimando a probabilidade de ocorrência e o impacto em indicadores-chave, como disponibilidade da usina, receita financeira e reputação institucional. A fase seguinte é o **planejamento de respostas**, que pode incluir ações preventivas (como manutenção preditiva e monitoramento remoto via sensores), mitigação (seguros especializados e planos de contingência), transferência (contratos de operação e manutenção com garantias de performance) ou aceitação, quando os riscos são de baixo impacto. Por fim, a **implementação e o monitoramento contínuo** ocorrem por meio de auditorias, revisões periódicas e sistemas digitais como o SCADA, que permitem acompanhar em tempo real o desempenho das turbinas.

Ferramentas de gestão como a **matriz de risco**, que cruza probabilidade e impacto, e a **análise SWOT**, que contextualiza forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, auxiliam a hierarquizar prioridades e orientar a tomada de decisão. Indicadores de confiabilidade, disponibilidade e fator de capacidade são igualmente essenciais para avaliar o desempenho do parque. Além disso, práticas como programas de segurança do trabalho (com destaque para as NRs 10 e 35), manutenção preditiva com sensores e inteligência artificial, elaboração de

planos de emergência contra incêndios e apagões, e canais de comunicação com comunidades locais fortalecem a aceitação social e reduzem conflitos.

Assim, a gestão de riscos em usinas eólicas vai além da simples prevenção de falhas técnicas: trata-se de um processo estratégico que integra tecnologia, regulação, sustentabilidade ambiental, viabilidade econômica e responsabilidade social. Essa abordagem permite que empreendimentos eólicos sejam não apenas fontes de energia limpa, mas também modelos de resiliência e inovação no setor elétrico.

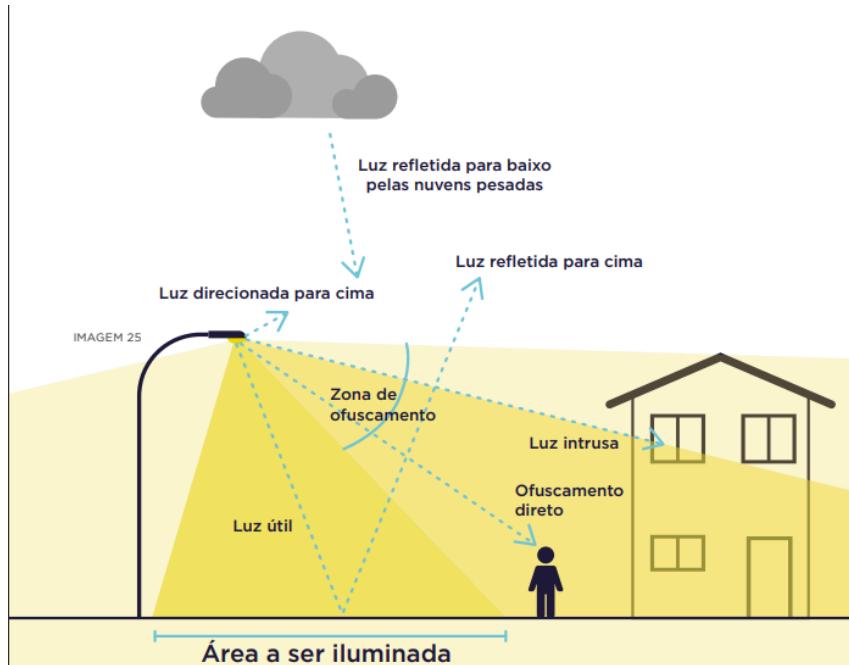
## **4 ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

### **4.0.1 Iluminação Pública com Energia Solar**

A iluminação pública se estabelece como um componente fundamental da infraestrutura urbana, impactando diretamente a qualidade de vida, o desenvolvimento social e a segurança da população. Suas funções extrapolam a simples garantia de mobilidade noturna, contribuindo também para a diminuição da criminalidade e para a valorização estética e funcional de espaços coletivos, como praças e edifícios históricos. A eficiência de um sistema de iluminação, portanto, não reside apenas na intensidade luminosa, mas em um projeto técnico que assegure o uso racional de energia e a mitigação de impactos ambientais adversos, como a poluição luminosa.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) regulamenta o setor através da NBR 5101, que define os procedimentos para a concepção de sistemas que proporcionem visibilidade segura e confortável. A norma orienta o controle da distribuição da luz, evitando o desperdício energético e fenômenos prejudiciais, como o ofuscamento, que interfere na visão de condutores e pedestres, além da emissão de luz para o céu, responsável pelo chamado skyglow. Esse conjunto de diretrizes reforça que a eficácia de um sistema de iluminação não depende apenas da quantidade de luz, mas de sua qualidade e da forma como ela é distribuída no ambiente. Neste contexto, o município de Jacobina–BA se apresenta como um objeto de estudo relevante. A gestão municipal já executa ações de modernização em seu parque de iluminação, porém, a análise da Lei Orçamentária Anual (LOA 2024) revela um

potencial financeiro significativo para a implementação de tecnologias mais sustentáveis. A arrecadação da Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP), estimada em R\$ 6.423.896,00 anuais, constitui um recurso exclusivo para investimentos na área.



**Figura 6**

Para viabilizar a análise econômica, adota-se a abordagem de CAPEX (custos de implantação) e OPEX (custos operacionais), consolidada a partir de modelos internacionais de 100 postes, fornecidos pela Luxman (2024) e adaptados ao mercado brasileiro com câmbio hipotético de R\$ 5,00/US\$. Essa metodologia permite comparar, por exemplo, sistemas de iluminação solar autônoma e rede convencional, avaliando não apenas o investimento inicial, mas também a economia energética ao longo de dez anos.

Os preços unitários e especificações técnicas foram levantados junto a fornecedores nacionais, considerando produtos certificados e compatíveis com a ABNT NBR 5101:2024 (RT ILUMINAÇÃO, 2025; LUZ ATUAL, 2025; FOTOVOLT, 2025; SUSTENTALED, 2025). Dessa forma, evidencia-se que Jacobina possui condições financeiras para migrar gradualmente para tecnologias mais eficientes, alinhando o orçamento disponível à adoção de luminárias LED de alta performance e sistemas solares fotovoltaicos.

A modernização da iluminação pública no município deve, portanto, ser embasada em parâmetros técnicos claros, em especial no paradigma da eficiência energética, no qual a métrica tradicional de potência elétrica (Watts) dá lugar à de lúmens por watt (lm/W). Essa mudança conceitual assegura que os recursos da COSIP sejam direcionados a tecnologias capazes de entregar maior fluxo luminoso com menor consumo de energia, como demonstra o exemplo comparativo entre uma luminária LED de 120W, com eficácia de 154 lm/W, e uma de vapor de sódio de 250W, com apenas 64 lm/W.

*De acordo com a ABNT NBR 5101 e com os manuais técnicos de iluminação pública, um projeto eficiente deve observar parâmetros como a eficácia luminosa (lm/W), os níveis mínimos de iluminância (lux), a uniformidade luminosa ( $U = Emin/Emed$ ), o índice de reprodução de cor ( $IRC \geq 70$ ), a temperatura de cor correlata (TCC) e o controle do ofuscamento e da poluição luminosa, que reduzem desconfortos e impactos ambientais.*

*A norma classifica as vias em categorias de iluminação (V1 a V5, para tráfego de veículos, e P1 a P4, para pedestres), cada uma com níveis específicos de iluminância. Em termos gerais:*

- **Classe V1 e V2** → aplicam-se a vias de trânsito rápido ou arteriais com tráfego intenso, exigindo iluminância média entre 20 e 30 lux. Em Jacobina, a Avenida Lomanto Júnior e a BR-324 seriam exemplos de trechos que exigem esse padrão.
- **Classe V3 e V4** → correspondem a ruas coletoras e locais, com tráfego médio a leve, que pedem iluminância entre 10 e 20 lux. Esse é o caso de vias como a Rua Senador Pedro Lago (coletora central) e ruas de ligação entre bairros.
- **Classe V5** → refere-se a ruas residenciais com baixo fluxo de veículos, onde a iluminância mínima recomendada varia entre 5 e 10 lux. Em Jacobina, bairros periféricos como o Lagoa Dourada se enquadram nessa categoria.
- **Classes P1 a P4** → aplicam-se a áreas de pedestres. Espaços como o Calçadão de Jacobina ou a Praça Rio Branco exigiriam iluminação de classe P1 ou P2, com valores próximos de 15 lux, enquanto passeios e áreas residenciais com uso noturno moderado se enquadram em P3 ou P4, com iluminância mínima de 5 a 10 lux.

*A partir dessa classificação, determinam-se altura de postes, potência das luminárias e níveis de iluminação adequados. Para cidades de médio porte como Jacobina, os valores típicos podem ser resumidos da seguinte forma:*

**Tabela 2 – Parâmetros práticos de iluminação pública em cidades de médio porte**

<b>Tipo de via/área</b>	<b>Altura do poste (m)</b>	<b>Potência LED sugerida</b>	<b>Faixa de fluxo luminoso</b>	<b>Iluminância média (indicativa)</b>
Avenidas arteriais/centro comercial	10–12	150–180 W	15.000–22.000 lm	20–30 lx
Ruas coletoras/locais	8–10	80–120 W	8.000–14.000 lm	10–20 lx
Praças, calçadões e ciclovias	6–8	50–80 W	6.000–10.000 lm	5–15 lx

Esses parâmetros orientam a escolha dos equipamentos e o planejamento das redes. Aplicados em Jacobina, podem corrigir desigualdades urbanas — por exemplo, garantir maior uniformidade luminosa em bairros periféricos (V5) e reforçar a segurança em áreas centrais de uso intenso por pedestres (P1 e P2) —, promovendo eficiência energética e inclusão social.

Abaixo, três opções com características e preços publicados, úteis como referência de especificação e cotações-documento:

<b>Fornecedor /</b> <b>Modelo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potênci a nom.</b>	<b>Fluxo (decl.)</b>	<b>Proteção/Qualidad e</b>	<b>Preço publicado*</b>
Luz Atual – Luminária Pública LED 80 W	Rede/convencional **	80 W	12.800 lm	IP66, INMETRO, vida útil 102.000 h, 5 anos	R\$ — (especificação técnica auditável) <a href="http://luzatual.com.br">luzatual.com.br</a>
RT Iluminação – Pública Solar 200 W	Solar autônoma	200 W	n/d (fornecedor não declara)	IP66, INMETRO, 50.000 h	R\$ 229,90 (referência promocional) <a href="http://rtluminacao.com.br">rtluminacao.com.br</a>
Fotovolta Solar “1000	Solar autônoma	rotulado 1000 W	20.000 lm (decl.)	IP66, CCT 6000 K	R\$ 1.490,00 (página do produto) <a href="http://luminariasolar">luminariasolar</a>

Fornecedor / Modelo	Tipo	Potênci a nom.	Fluxo (decl.)	Proteção/Qualidad e	Preço publicado*
W" (lin. pública)					
SustentaLED Solar 200 W	Solar autônoma	200 W	n/d	IP66, sensor/controle	R\$ 141,04 (promoção) <a href="#">SustentaLed</a>

\* Preços coletados on-line para balizamento e podem variar por frete/tributação/garantia.

\*\* Incluída como referência de fluxo (12.800 lm) para dimensionamento conforme NBR 5101.

Observação técnica: apesar de rótulos “600–1000 W” muito comuns em solares autônomas, o parâmetro decisivo de desempenho para atendimento da NBR 5101 é fluxo luminoso útil (lm), distribuição fotométrica e iluminância resultante, não o “W comercial”. Na seleção final, exigir curvas fotométricas IES e garantia de ciclo bateria/driver.

Uma análise comparativa foi realizada para avaliar os custos envolvidos na instalação e manutenção de 100 postes públicos, comparando sistemas solares autônomos com iluminação convencional conectada à rede elétrica. Para essa avaliação, foram adotadas as premissas metodológicas da análise de custo da Luxman (2024): utilização de postes de 200 W, operação média de 11 horas diárias, tarifa de energia estimada em R\$ 1,00 por kWh (conversão de US\$ 0,20/kWh a R\$ 5,00), e inclusive os custos com infraestrutura civil (como conduíte, valas e gabinetes) no cenário de rede.

**Tabela 1 – Custos acumulados em 10 anos (100 postes)**

Tipo de Sistema	CAPEX (instalação)	OPEX Energia	OPEX Manutenção	Custo Total (10 anos)
Solar autônomo	R\$ 450.000	R\$ 0	R\$ 265.000	R\$ 715.000
Rede elétrica	R\$ 1.380.000	R\$ 860.000	R\$ 210.000	R\$ 2.450.000

A diferença evidenciada demonstra que, ao longo de uma década, os postes solares demandam investimento mais baixo e são significativamente mais econômicos, especialmente pela eliminação dos custos com energia elétrica. O custo total dos postes solares representa somente cerca de 29% do custo dos postes conectados à rede elétrica (LUXMAN, 2024).

A arrecadação anual da Contribuição para Custeio da Iluminação Pública (COSIP) em Jacobina, conforme previsão na Lei Orçamentária Anual de 2024, foi de R\$ 6.423.896,00 (PREFEITURA DE JACOBINA, 2024). Considerando um custo médio estimado de implantação de R\$ 4.500 por poste solar, Jacobina poderia financiar aproximadamente 1.427 novos pontos solares anualmente, somente com os recursos da COSIP. Projetando essa estratégia por 10 anos, a economia potencial total é estimada em cerca de R\$ 24,7 milhões, comparado ao uso de postes convencionais — um recurso que poderia ser redirecionado para outras áreas prioritárias (PREFEITURA DE JACOBINA, 2024; LUXMAN, 2024).

A seleção de equipamentos deve obedecer aos níveis mínimos de iluminância da ABNT NBR 5101:2024:

- Avenidas principais (20–30 lux, 15.000–22.000 lm): usar luminárias  $\geq$  150 W com fluxo  $\geq$  15.000 lúmens, por exemplo linha Fotovolt 800–1000 W, que declara 16.000–20.000 lúmens (FOTOVOLT, 2025).
- Ruas coletoras/bairros (10–20 lux; 8.000–14.000 lm): optar por luminárias de 80–120 W, como o modelo Luz Atual de 80 W (12.800 lm, IP66). Alternativas solares (RT Iluminação e SustentaLED) com sensor/IP66 são viáveis, desde que com especificação luminosa e autonomia citadas (LUZ ATUAL, 2025; RT ILUMINAÇÃO, 2025; SUSTENTALED, 2025).
- Praças/calçadões (5–15 lux; 6.000–10.000 lm): escolher módulos solares de 50–80 W com distribuição simétrica e temperatura de cor  $\leq$  4.000 K para conforto visual (ABNT, 2024).

O quadro a seguir resume o potencial de implementação e economia anual para Jacobina, com base na arrecadação da COSIP:

<b>Indicador / / Valor estimado</b>	
Receita anual da COSIP (2024)	R\$ 6.423.896

Custo médio por poste solar (implantação)	R\$ 4.500
Postes solares financiáveis por ano	~1.427 unidades
Economia por poste em 10 anos	~R\$ 17.350
Economia total em 10 anos (1.427 un.)	~R\$ 24,7 milhões

Essa estimativa demonstra que Jacobina tem uma janela de oportunidade financeira para modernizar sua iluminação pública de modo sustentável e econômico, redirecionando os ganhos para outras demandas urbanas essenciais.

#### 4.0.2 ILUMINAÇÃO PÚBLICA E SUSTENTABILIDADE

A iluminação tradicional traz uma série de problemas que comprometem a sustentabilidade urbana. O alto consumo de energia eleva os custos municipais e aumenta a dependência de usinas termelétricas, intensificando a emissão de gases de efeito estufa e o esgotamento de recursos não renováveis. Além disso, as lâmpadas convencionais possuem vida útil reduzida, o que exige trocas frequentes e gera gastos elevados de manutenção. Outro impacto relevante é a poluição luminosa, que interfere nos ecossistemas noturnos e afeta diretamente a saúde humana, alterando o ciclo circadiano e favorecendo distúrbios como insônia, depressão e desequilíbrios hormonais.

A substituição por luminárias LED representa um avanço significativo em termos de eficiência e durabilidade, reduzindo custos operacionais e impactos ambientais. Contudo, a adoção de **LEDs inteligentes** amplia ainda mais os benefícios, ao permitir conectividade com a Internet das Coisas (IoT). Esses dispositivos podem ser controlados remotamente, ajustando intensidade, programação de horários e integração com sensores de movimento e câmeras. Tais recursos viabilizam uma gestão mais racional do consumo energético e aumentam a segurança em espaços públicos, tornando a iluminação uma ferramenta estratégica de prevenção da criminalidade e de incentivo à mobilidade noturna.

O planejamento dessa modernização pode ser potencializado com o uso do **BIM**, que permite simulações precisas de implantação, análises de compatibilidade e integração entre cronograma físico e orçamento (5D). Essa abordagem possibilita avaliar cenários, reduzir desperdícios e antecipar impactos antes da execução. Dessa forma, a iluminação pública deixa de ser apenas um serviço básico e se torna parte de um sistema inteligente e sustentável, capaz de integrar tecnologia, eficiência energética e planejamento urbano.

#### **4.0.3 Iluminação Pública Sustentável e Gestão de Riscos em Jacobina**

A iluminação pública desempenha um papel central na segurança e no bem-estar urbano. Em Jacobina, a carência de iluminação adequada em diversos bairros contribui para o aumento da criminalidade, dos acidentes de trânsito e da sensação de insegurança, especialmente em áreas periféricas. Dessa forma, a modernização do sistema não deve ser encarada apenas como uma solução técnica para economia de energia, mas também como uma estratégia de gestão de riscos sociais e ambientais.

A substituição de lâmpadas convencionais por modelos LED, aliada ao uso de energia solar, representa uma solução sustentável e de longo prazo. Além de reduzir custos de manutenção e consumo, essa alternativa garante maior confiabilidade na prestação do serviço público.

**Tabela 1 – Comparaçāo entre lāmpadas LED e convencionais**

Característica	Lāmpada Convencional	Lāmpada LED
Vida útil média	10.000 h	50.000 h
Eficiēcia luminosa	70 lm/W	120 lm/W
Consumo de energia	Alto	Baixo
Manutenção	Frequente	Reduzida

O potencial da energia solar em Jacobina reforça a viabilidade da proposta, visto que a região apresenta elevados índices de radiação anual.

**Tabela 2 – Potencial da energia solar em Jacobina**

<b>Indicador</b>	<b>Valor estimado</b>
Radiação média anual	5,2 kWh/m <sup>2</sup> /dia
Horas de sol pleno por ano	2.900 h
Potencial de geração (1 kWp instalado)	1.500 kWh/ano

Além dos benefícios ambientais e econômicos, a integração com tecnologias digitais possibilita uma gestão inteligente do sistema. Sensores acoplados aos postes permitem monitoramento em tempo real, identificando falhas e reduzindo riscos de apagões em áreas críticas. Associados a ferramentas de planejamento como BIM e TIM, esses recursos permitem simular cenários, otimizar a distribuição da iluminação e priorizar regiões mais vulneráveis, tornando Jacobina um modelo de cidade mais segura, inclusiva e sustentável.

## 4.1 FUNCIONAMENTO DO ARDUINO

O **Arduino Uno** possui diversos pinos que permitem a conexão e o controle de sensores, atuadores e dispositivos externos. Esses pinos se dividem em diferentes categorias, de acordo com suas funções.

Os **pinos digitais** (D0 a D13) podem ser configurados como entrada ou saída, recebendo ou enviando sinais digitais representados por HIGH (1) e LOW (0). Os pinos D0 (RX) e D1 (TX) são usados especificamente para comunicação serial, enquanto os demais (D2 a D13) podem controlar componentes como LEDs, botões e relés. Dentro desse conjunto,

alguns pinos possuem a função de **PWM** (D3, D5, D6, D9, D10 e D11), permitindo gerar sinais modulados em largura de pulso para controlar, por exemplo, a intensidade de motores ou o brilho de LEDs.

Já os **pinos analógicos** (A0 a A5) permitem a leitura de valores de tensão variáveis, convertendo-os em sinais digitais para o microcontrolador. Essa funcionalidade é útil na leitura de sensores de temperatura, potenciômetros e outros dispositivos que fornecem variações de tensão entre 0 e 5V.

No que diz respeito à **alimentação**, o Arduino dispõe de pinos específicos: o pino **5V**, que fornece essa tensão para dispositivos externos; o pino **3.3V**, para componentes que requerem menor voltagem; os pinos **GND** (terra), que completam o circuito; e o **Vin**, que permite alimentar o Arduino a partir de uma fonte de energia externa.

Além disso, o **pino de Reset** possibilita reiniciar o funcionamento do Arduino, fazendo com que o programa volte ao seu estado inicial.

Por fim, há também os **pinos de comunicação** que possibilitam a integração com outros dispositivos por meio de diferentes protocolos. O **I2C** utiliza os pinos **SDA (A4)** e **SCL (A5)**, responsáveis respectivamente pela transmissão de dados e pelo sinal de clock. Já o protocolo **SPI** recorre aos pinos **MISO (D12)**, **MOSI (D11)** e **SCK (D13)**, permitindo a comunicação rápida com periféricos compatíveis.

#### 4.1.1 Uso de Arduino Aplicado à Iluminação Inteligente

Segundo Linck (2021), a utilização do Arduino em projetos de iluminação pública representa uma alternativa eficaz para modernizar o setor e otimizar o consumo de energia elétrica. O autor chama atenção para o desperdício associado ao funcionamento contínuo das luminárias, que permanecem acesas durante toda a noite, inclusive em períodos e locais com pouca circulação de pessoas ou veículos. Esse cenário, além de onerar significativamente os cofres municipais, visto que a iluminação pode figurar como a segunda maior despesa de muitas prefeituras, também amplia os impactos ambientais, em função da necessidade de maior produção de energia.

Os LEDs, por permitirem controle da intensidade luminosa e não necessitarem de tempo de religamento, são ideais para esse tipo de aplicação. Combinados a microcontroladores, como o Arduino, e a sensores de luminosidade e presença, tornam-se capazes de ajustar o funcionamento das luminárias conforme a demanda real. No estudo, sensores fotorresistores foram empregados para habilitar o sistema somente no período noturno, enquanto sensores infravermelhos detectam o fluxo de pessoas e veículos em vias públicas. Um Arduino, como o UNO, pode ser configurado para controlar mini postes de LED, que simbolizam postes verdadeiros, simulando diferentes estratégias de acionamento.

Pop

Dentre os cenários propostos por Linck (2021), foi pensado como inspiração o que os postes ficam em 50% de potência na ausência de movimento e após a detecção de movimento, aumentar a potência, pois assim, há uma economia em relação a sistemas de iluminação convencionais sem automação. Além da economia, a diminuição da tensão aplicada prolonga a vida útil dos LEDs, aumentando ainda mais a eficiência do sistema.

Linck (2021) destaca que o uso do Arduino na iluminação pública é não somente viável, mas também estratégico, sobretudo em cidades pequenas e bairros residenciais, onde o tráfego noturno é menor e a economia tende a ser ainda mais significativa. Além disso, o sistema pode ser ampliado com a inclusão de novos sensores ou funções adicionais, como coleta de dados meteorológicos e oferta de conexão wi-fi, transformando os postes em elementos multifuncionais para a sociedade.

## **4.2 Mini Maquete de Jacobina**

### **4.2.1 Objetivo Geral da Maquete**

- *Modelagem Urbana e Representação*

Por que? A maquete (física ou digital) é uma forma de representação espacial usada no urbanismo, na arquitetura e no planejamento de cidades.

- *Didática e Aprendizagem Técnica*

Por que? A maquete e o desenho têm caráter pedagógico, ajudam a transformar conceitos abstratos (sustentabilidade, resiliência, energia limpa) em algo visual e palpável.

- *Planejamento Urbano Sustentável*

Por que? O desenho da área e a mini maquete simulam uma cidade-modelo sustentável, que deve dialogar com teorias sobre urbanismo verde e gestão de recursos.

#### **4.2.2 Região da maquete**

##### **Bairro Catuaba**

Está situado a aproximadamente 6 a 10 km do centro de Jacobina, na zona oeste da cidade, apresentando um cenário de desenvolvimento urbano. O bairro combina áreas residenciais consolidadas com setores em expansão, refletindo o crescimento acelerado da malha urbana local. A infraestrutura do bairro inclui escolas, creches, farmácias, unidades de saúde e um comércio local em desenvolvimento.

Entretanto, a população enfrenta desafios relacionados à infraestrutura, como o problema de esgoto ao ar livre, falta de iluminação pública que impacta diretamente a qualidade de vida e a saúde dos moradores. Por outro lado, a proximidade com vias de acesso importante facilita a mobilidade urbana e a conexão com o centro da cidade. Em uma perspectiva social, a população do bairro é diversa e mantém fortes tradições comunitárias, contribuindo para a identidade local. Apesar disso, Catuaba compartilha desafios típicos de áreas em expansão, incluindo a necessidade de melhorias no saneamento básico, na organização territorial, na oferta de transporte público e na pavimentação das vias.

##### **Bairro Jacobina II**

Localiza-se a aproximadamente 3,5 km do centro da cidade, equivalendo a cerca de 10 minutos de veículo, dependendo do tráfego. Trata-se de uma área predominantemente urbana, voltada à habitação, com ruas bem definidas e infraestrutura básica, como energia elétrica, abastecimento de água e saneamento. Em termos de infraestrutura, jacobina II vem se consolidando gradualmente, contando com escolas, unidades de saúde, praças, áreas de lazer e espaços culturais, promovendo o bem-estar e a interação entre os moradores. O comércio

local, ainda em crescimento, oferece serviços básicos e contribui para a geração de empregos, enquanto a rede viária em desenvolvimento garante acesso facilitado às principais vias da cidade.

Apesar dos avanços, os moradores de Jacobina II enfrentam desafios relacionados à expansão urbana desordenada, como áreas sujeitas a inundações e problemas de drenagem, especialmente em regiões mais baixas ou com infraestrutura urbana insuficiente.

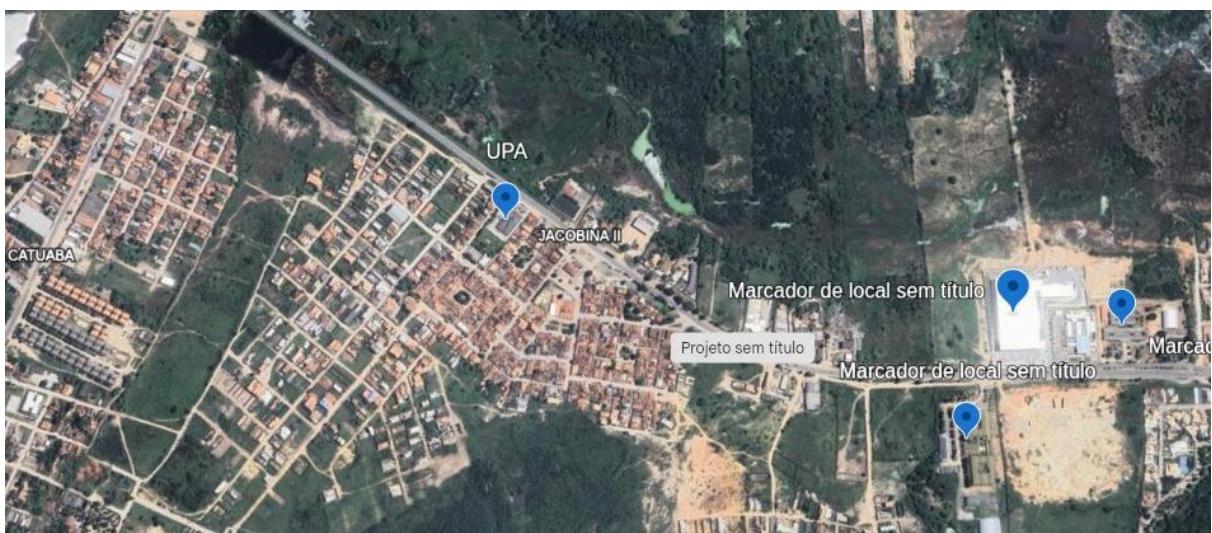
### **Região do Instituto Federal/Mercado Mix**

A região onde se encontram o IFBA e o Mix Mateus é uma das áreas de maior circulação em Jacobina. O IFBA recebe diariamente centenas de estudantes, professores e funcionários, enquanto o Mix Mateus movimenta grande fluxo de clientes e veículos por ser um centro de compras de referência. Isso torna a área bastante dinâmica, com forte presença de comércio, serviços e transporte, o que exige infraestrutura adequada para atender à demanda.

Na região do IFBA e do Mix Mateus, uma das melhorias mais importantes é a modernização da rede elétrica. Isso vai ajudar a garantir uma energia mais estável, sem aquelas quedas ou oscilações que atrapalham o dia a dia. Com essa mudança, tanto os estudantes e professores do IFBA quanto os clientes e funcionários do Mix Mateus vão ter mais segurança e tranquilidade. Além disso, a melhoria na rede prepara o bairro para continuar crescendo, apoiando a educação, o comércio e trazendo benefícios para toda a comunidade que circula por ali.



Maquete física (Jacobina Sustentável)



Vista aérea (Catuaba, Jacobina II e região do IFBA/Mix)

## 5.Objetivos

## **5.1 Objetivo Geral**

## **5.2 Objetivo Específico**

# **6. METODOLOGIA**

A metodologia está pautada em projetos integradores por etapas, com base na Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e na abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) e as ações serão conduzidas por professores que puderem participar das áreas técnicas e disciplinas da formação geral.

## **6.1 Cronograma simplificado**

Será elaborado pela turma.

**Quadro 1 - Cronograma simplificado**

**Elaborado pelos autores (2025).**

# **7. ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO**

O acompanhamento será realizado de forma contínua, por meio de registros de reuniões, fichas de observação, diários de bordo e apresentação de protótipos e a avaliação será diagnóstica, formativa e somativa, considerando os seguintes critérios: participação, domínio conceitual, criatividade técnica, viabilidade das soluções propostas, clareza na apresentação e articulação interdisciplinar também serão promovidos momentos de autoavaliação e coavaliação entre os alunos.

## **8. INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA**

1. Laboratório de Informática com softwares de modelagem e banco de dados;
2. Impressora 3D e materiais para prototipagem;
3. Salas com internet e equipamentos multimídia;
4. Licenças de software (Minecraft Education, etc.);
5. Laboratórios específicos de cada eixo (Eletromecânica, Mineração, Informática);
6. Espaços abertos para simulações, exposições e maquetes.

## **9. RESULTADOS ESPERADOS**

1. Relatórios técnicos com aplicações de sustentabilidade nos três eixos;
2. Protótipos 3D (Eletromecânica).
3. Simulação do rompimento de barragem em Minecraft com plano de evacuação (Mineração);
4. Banco de dados com análise sobre saneamento e qualidade do ar (Informática);
5. Resumos e textos temáticos sobre cidades inteligentes e sustentabilidade (4º ano).

## **10. PARCERIAS**

Serão buscadas parcerias com:

1. Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Jacobina (se for aplicável);
2. Empresas locais ligadas à mineração, eletromecânica e tecnologia (se for aplicável);
3. Universidades públicas e privadas com projetos de extensão relacionados à temática (se for aplicável);
4. ONGs ambientais e centros de pesquisa em sustentabilidade (se for aplicável);
5. Comunidade escolar e gestores escolares e comunidade local envolvida com os temas propostos (se for aplicável).

## **11. FORMAS DE DIVULGAÇÃO**

1. Exposição dos projetos na própria escola aberta à comunidade;

2. Publicação de relatórios e vídeos em site e redes sociais da escola;
3. Participação em feiras científicas e tecnológicas da própria escola;
4. Envio de resumos para eventos acadêmicos e técnicos (a combinar com os estudantes);
5. Criação de fôlders, banners e painéis ilustrativos pelos estudantes das turmas (a combinar com os estudantes).

## 12. REFERÊNCIAS

### 3.2

**HOLLANDS, Robert G.** Will the real smart city please stand up? City, Culture and Society, Oxford University Press, v. 8, n. 1, p. 3-21, 2015. Disponível em: <https://academic.oup.com/cjres/article/8/1/3/304965>. Acesso em: 7 jul. 2025.

**ENGIE.** O que são cidades inteligentes e como elas formam o futuro sustentável. Disponível em:<https://www.alemdaenergia.engie.com.br/o-que-sao-cidades-inteligentes-e-como-elas-formam-o-futuro-sustentavel/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

**ITDP**, novo estudo do ITDP aponta o planejamento da infraestrutura de ônibus elétricos. 2025. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/onibus-eletricos-novo-estudo-do-itdp-aponta-o-planejamento-da-infraestrutura-de-recarga-como-chave-do-sucesso/>. Acesso em: 8 set. 2025.

**CERTI** Insights, mobilidade elétrica nas cidades inteligentes: qual o caminho para o desenvolvimento. 2021. Disponível em: <https://share.google/FqnnF9LNqg7vhvfC7>. Acesso em: 8 set. 2025.

**REVISTA FOCO**, cidades inteligentes e sustentáveis: o papel do espaço escolar no desenvolvimento socioambiental. 2024. Disponível em: <https://share.google/UhCAEfKUqzpt9eEkG>. Acesso em: 8 set. 2025.

**FARIA**, Ana Carolina de. *Iluminação sustentável: os benefícios da tecnologia LED nos projetos de iluminação*. 2014. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em: <https://share.google/hKHEQj33W8BV6z13U>. Acesso em: 4 set. 2025.

**STEFANELLO**, Lucas Adiers. Mini e microrredes: a solução para regiões isoladas e vulneráveis. Beenergy, 22 ago. 2024. Disponível em: <https://beenergy.com.br/mini-e-microrredes/>. Acesso em: 4 set. 2025.

### 3.3

**ALMEIDA, Fernando; ANDRADE, Max.** A integração entre BIM e GIS como ferramenta de gestão urbana. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2015. Disponível em: <http://www.antac.org.br>. Acesso em: 3 ago. 2025.

**ARTELIA GROUP.** Modernising public lighting in Angers. Disponível em: <https://www.arteliagroup.com/project/modernising-public-lighting-in-angers/>. Acesso em: 29 ago. 2025.

**BIBLUS ACCA SOFTWARE.** Do BIM ao CIM. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/city-information-modeling-do-bim-ao-cim/>. Acesso em: 29 ago. 2025.

**BIMCOLLAB.** O que é BIM? Disponível em: <https://www.bimcollab.com/pt/base-de-conhecimento/blog/o-que-e-bim/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**BRASIL.** BIM na Construção Pública. Portal Gov.br – FNDE. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/par/bim-modelagem-de-informacao-na-construcao>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**BRASIL. Câmara dos Deputados.** *Poluição luminosa: seus impactos sobre a saúde, a segurança, a economia e o meio ambiente.* Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/bitstreams/6df35b4b-a52f-4147-852c-d25f59b1e772/download>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**CITIES TODAY.** IES Case Study – NTU EcoCampus, Singapura. Disponível em: <https://cities-today.com/industry/ies-case-study-ntu-ecocampus-singapore/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

**CORREIO BRAZILIENSE.** Como as lâmpadas inteligentes podem ajudar seu dia a dia. Disponível em: <https://www.correobraziliense.com.br/cbradar/como-as-lampadas-inteligentes-podem-ajudar-seu-dia-a-dia/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**ESTADÃO.** Lâmpada inteligente: saiba se vale a pena comprar uma para a sua casa. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/recomenda/tech/casa-inteligente/lampada-inteligente-saiba-se-vale-a-pena-comprar-uma-para-a-sua-casa/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**E-ZIGURAT.** Implementação do BIM na ferrovia de Londres. Disponível em: <https://www.e-zigurat.com/pt-br/blog/implementacao-bim-ferrovia-londres/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

**FF SOLUTIONS.** Construindo o futuro: BIM e as cidades inteligentes (Smart Cities). Disponível em: <https://ff.solutions/construindo-o-futuro-bim-e-as-cidades-inteligentes-smart-cities/>. Acesso em: 30 ago. 2025.

**FORTLIGHT.** Iluminação industrial: impactos ambientais. Disponível em: <https://www.fortlight.com.br/blog/iluminacao-industrial-impactos-ambientais/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**FREIRE, Márcia Rebouças; AMORIM, Arivaldo Leão de.** A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2011, Salvador. *Anais...* Salvador: [s.n.], 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/279704444>. Acesso em: 11 ago. 2025.

**GABRIEL, Déborah Valverde.** *Uso de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para simulação de desempenho energético: análise do edifício Pinottinho, UNICAMP.* 2025. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2025. Acesso em: 18 ago. 2025.

**HUANG, J.; LIU, X.** City Information Models (CIMs) as precursors for Urban Digital Twins. *Frontiers in Built Environment*, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/built-environment/articles/10.3389/fbuil.2023.1048510/full>. Acesso em: 30 ago. 2025.

**LEDYI LIGHTING.** A beginner's guide to smart lighting. Disponível em: <https://www.ledyilighting.com/pt/a-beginners-guide-to-smart-lighting/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**LEROY MERLIN.** Lâmpada inteligente: como funciona e como escolher. Disponível em: <https://blog.leroymerlin.com.br/lampada-inteligente-como-funciona-e-como-escolher/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**LI, Q.; WANG, H.; CHEN, J.** City Information Modeling: State of the Art. *Applied Sciences*, MDPI, v. 11, n. 19, p. 9333, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/19/9333>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**LI, Q.; WANG, H.; CHEN, J.** The Development and Construction of City Information. *Applied Sciences*, MDPI, v. 15, n. 9, p. 4696, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/9/4696>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**NASCIMENTO, Fernanda de Vargas.** *Planejamento Integrado*. 2023. Acesso em: 19 ago. 2025.

**NOVATR.** Singapore: the world's smartest city. Disponível em: <https://www.novatr.com/blog/singapore-world-smallest-city>. Acesso em: 19 ago. 2025.

**NOVVALIGHT.** Poluição luminosa: o que é, causas e como reduzir. Disponível em: <https://novvalight.com.br/blog/iluminacao-urbana/poluicao-luminosa/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

**PBCTODAY.** NTU EcoCampus, Singapura: CIM aplicado com sensores de iluminação e temperatura. Disponível em: <https://www.pbctoday.co.uk/news/digital-construction-news/bim-news/ntu-ecocampus/57601/>. Acesso em: 30 ago. 2025.

**REUTERS.** How AI is arming cities in the battle for climate resilience. 2024. Disponível em: <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/how-ai-is-arming-cities-battle-climate-resilience-2024-05-23/>. Acesso em: 29 ago. 2025.

**SDS EDUCA.** BIM na engenharia de infraestrutura: integração com sistemas de transporte. Disponível em: <https://sdseduca.com.br/bim-na-engenharia-de-infraestrutura-integracao-com-sistemas-de-transporte/>. Acesso em: 29 ago. 2025.

**SILVA, Felipe da; SANTOS, Matheus.** *Análise de viabilidade econômica*. [S.l.: s.n.], 2023. Acesso em: 11 ago. 2025.

**SP BIM.** BIM e sustentabilidade: práticas ecológicas na construção. Disponível em: <https://spbim.com.br/bim-e-sustentabilidade-praticas-ecologicas-na-construcao/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

**SUEZ.** Angers Loire Métropole – The First Intelligent Territory in France. Disponível em: <https://www.suez.com/en/news/angers-loire-metropole-the-first-intelligent-territory-in-france>. Acesso em: 30 ago. 2025.

**TAND, R.** Governing sustainable smart cities supported by CIM. *Journal of Urban Technology*, 2024. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13467581.2024.2399680>. Acesso em: 30 ago. 2025.

**ZHANG, Y.; LI, Q.; WANG, H.** Scientometric review and visualization of City Information Modelling. *Springer*, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44327-025-00072-4>. Acesso em: 29 ago. 2025.

### 3.5

ENGIE Brasil. O que são cidades inteligentes e como elas formam o futuro sustentável. Além da Energia, 6 jul. 2021. Disponível em: <https://www.alemdaenergia.Engie.com.br/o-que-sao-cidades-inteligentes-e-como-elas-formam-o-futuro-sustavel/>)Acesso em: 1 ago. 2025.

123 ECOS. Sustentabilidade urbana – importância, desafios e princípios. Disponível em: <https://123ecos.com.br/docs/sustentabilidade-urbana/>] Acesso em: 01 ago. 2025.

RISSO, B. Inovação tecnológica e sustentabilidade: um caminho para o futuro verde. Blog da GOK, 22 fev. 2024. Atualizado em 22 fev. 2024. Disponível em: <https://blog.gok.digital/inovacao-tecnologica-e-sustentabilidade-um-caminho-para-o-futuro-verde/>] Acesso em: 01 ago. 2025.

BRK Ambiental. Recursos naturais: como promover o consumo consciente? BRK Ambiental – Blog. Publicado há 5 anos (2020), \[s.l.\]. Disponível em: [\[https://blog.brkambiental.com.br/recursos-naturais/\]](https://blog.brkambiental.com.br/recursos-naturais/) Acesso em: 1 set. 2025.

AGENDA 2030. Organização das Nações Unidas. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: [\[https://sdgs.un.org/goals\]](https://sdgs.un.org/goals). Acesso em: 1 set. 2025.

ELKINGTON, John. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone, 1997.

JACOBS, Jane. *Morte e Vida de Grandes Cidades*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

LEFF, Enrique. *Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade e Poder*. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2015.

ONU-HABITAT. *Relatório Mundial sobre Assentamentos Humanos*. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2020.

SACHS, Ignacy. *Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SEN, Amartya. *Desenvolvimento como Liberdade*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

UNITED NATIONS. *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011*. New York: UN-Habitat, 2011.

### **3.6.1**

MACHADO, Reinaldo. Cidades inteligentes e gestão pública: uma relação exploratória do cenário brasileiro. RBGP Revista Brasileira de Gestão Pública, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 1–9, 2023. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/rbgp/article/view/7613>. Acesso em: 30 jul. 2025.

### **3.6.2**

EFICIÊNCIA energética e cidades inteligentes: entenda a relação. Exati, [s.d.]. Disponível em: <https://blog.exati.com.br/eficiencia-energetica-e-cidades-inteligentes-entenda-a-relacao/#:~:text=Sem%20d%C3%A9%20avidas%2C%20uma%20das%20principais,gerenciamento%20e%20monitoramento%20de%20energia>. Acesso em: 30 jul. 2025.

### **3.6.3**

SMART GRIDS. Iberdrola, s.d. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/quem-somos/nossa-atividade/smart-grids#:~:text=Tarefas%20e%20desafios%20das%20'smart,de%20f%C3%B3rmulas%20como%20o%20autoconsumo> Acesso em: 1 ago. 2025

### 3.6.4

RADIOJACOBINAFM (@radiojacobinafm). Complexo Eólico Jacobina traz energia sustentável e oportunidades para o Centro-Norte da Bahia. Instagram, 8 nov. 2024. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/DCHSUTKuLS8/>. Acesso em: 30 ago. 2025.

## 3.7

**IBGE (2025)** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades e Estados: Jacobina (BA)*. Acesso em 31 ago. 2025.

**Wikipédia – Jacobina** (dados históricos e geográficos), acesso em 31 ago. 2025.

**Wikipédia – Capela do Bom Jesus da Glória**, acesso em 31 ago. 2025.

<http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/2917508#sec-renda>

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/jacobina/pesquisa/30/84366>

<https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/ba/jacobina>

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/jacobina/pesquisa/30/84366>

MENDONÇA, Luiz Roberto Santos; NAKAMURA, Angélica Sayuri. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea**: diagnóstico do município de Jacobina, estado da Bahia. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14983>. Acesso em: 15 set. 2025

<https://www.google.com/search?q=98fmcampoformoso.com.br> - Barragens das regiões de Jacobina e Senhor do Bonfim estão com níveis preocupantes:  
<https://98fmcampoformoso.com.br/barragens-das-regioes-de-jacobina-e-senor-do-bonfim-estao-com-niveis-preocupantes/>

BA.GOV.BR - Barragem de Pindobaçu normaliza fornecimento de água em Jacobina:  
<https://www.ba.gov.br/comunicacao/2013/06/noticias/barragem-de-pindobacu-normaliza-fornecimento-de-agua-em-jacobina>

Climate-Data.org.. Jacobina – Clima. Disponível em:  
<https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/bahia/jacobina-42865/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

RESEARCHGATE. Avaliação Geoambiental do município de Jacobina - BA através das técnicas de Geoprocessamento: um suporte ao ordenamento territorial. 2010. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/234127122\\_Avaliacao\\_Geoambiental\\_do\\_municipio\\_de\\_Jacobina\\_-\\_BA\\_atraves\\_das\\_tecnicas\\_de\\_Geoprocessamento\\_um\\_suporte\\_ao\\_ordenamento\\_territorial](https://www.researchgate.net/publication/234127122_Avaliacao_Geoambiental_do_municipio_de_Jacobina_-_BA_atraves_das_tecnicas_de_Geoprocessamento_um_suporte_ao_ordenamento_territorial). Acesso em: 23 ago. 2025.

EDITORAS REALIZE. Arborização urbana de Jacobina. 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/88235>. Acesso em: 23 ago. 2025.

ECODEBATE. Os incêndios florestais nas Serras de Jacobina (BA) ameaçam turfas de montanha, um ecossistema raro e único no mundo. 2017. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2017/03/23/os-incendios-florestais-nas-serras-de-jacobina-ba-ameacam-turfas-de-montanha-um-ecossistema-raro-e-unico-no-mundo-artigo-de-caulos-victor-rios-da-silva-filho/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

MOURA, Lúcia; ROQUE, Nádia. Asteraceae no município de Jacobina, Chapada Diamantina, Estado da Bahia, Brasil. Hoehnea, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 573-587, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hoehnea/a/zsbKVNKRFn6TjRW8mZSrfWN/?lang=pt>. Acesso em: 24 ago. 2025

JACOBINA. Prefeitura. **Relatório Resumido da Execução Orçamentária: 1º bimestre de 2024**. Jacobina, BA: Prefeitura Municipal, 2024. Disponível em: [Inserir o link aqui, caso o tenha]. Acesso em: 14 set. 2025.

JACOBINA. Lei nº 2.005, de 29 de novembro de 2023. **Lei Orçamentária Anual de 2024**. Jacobina, BA: Prefeitura Municipal, 21 dez. 2023. Disponível em: [Inserir o link aqui, caso o tenha]. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto na Constituição Federal. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 25 ago. 2025.

JACOBINA (BA). Código Tributário Municipal. Prefeitura Municipal de Jacobina, 2025a.

JACOBINA (BA). Portal da Transparência. Prefeitura Municipal de Jacobina, 2025b. Disponível em: <https://jacobina.ba.gov.br>. Acesso em: 25 ago. 2025.

JACOBINA (BA). SAATRI – Sistema de Auto Atendimento Tributário. Prefeitura Municipal de Jacobina, 2025c.

A TARDE. População reclama de aumento da taxa de iluminação pública em Jacobina. Salvador, 2023. Disponível em: <https://atarde.com.br/portalmunicipios/portalmunicipioscentronorte/populacao-reclama-de-aumento-da-taxa-de-iluminacao-publica-em-jacobina-1215435>. Acesso em: 24 ago. 2025.

BLOG DA EXATI. Falta de iluminação pública: como isso impacta na segurança urbana. Belo Horizonte, 2022. Disponível em:

<https://blog.exati.com.br/falta-de-iluminacao-publica/#:~:text=A%20ilumina%C3%A7%C3%A3o%20p%C3%B3B%Ablica%20atua%20diretamente,a%20criminalidade%20e%20a%20inseguran%C3%A7a>. Acesso em: 24 ago. 2025.

PREFEITURA DE JACOBINA. Tem lâmpada queimada na sua rua? Manda um Zap que a gente resolve. Facebook, 2023. Disponível em: <https://www.facebook.com/prefeiturajacobina/videos/tem-1%C3%A2mpada-queimada-na-sua-ruamanda-um-zap-para-a-pmj-que-a-gente-resolveanota-/289335973324605/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Autorizativa nº 12.000, de 7 de junho de 2022. Brasília, 2022. Disponível em: <http://biblioteca.aneel.gov.br>. Acesso em: 24 ago. 2025.

CASA DOS VENTOS. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – Complexo Eólico Jacobina – BA. Ventos de Santa Diana Energias Renováveis S.A., dez. 2019. Disponível em: <https://casadosventos.com.br/relatorios-ambientais>. Acesso em: 24 ago. 2025.

SDE – Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado da Bahia. Empresa deve gerar 9,3 mil empregos em quatro complexos eólicos na Bahia, 2020. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/serin/index.php/noticias/2024-09/544/empresa-deve-gerar-93-mil-empregos-em-quatro-complexos-eolicos-na-bahia>. Acesso em: 24 ago. 2025.

MP-BA – Ministério Público do Estado da Bahia. INEMA deve exigir Estudo de Impacto Ambiental do Complexo Eólico Serra do Tombador em Jacobina, 2020. Disponível em: <https://www.mpba.mp.br/noticia/52245>. Acesso em: 24 ago. 2025.

UOL Ecoa. Além das onças: usina eólica surgiu como queridinha, mas têm impactos, 2023. Disponível em: <https://www.uol.com.br/eco/ultimas-noticias/2023/08/16/energia-eolica-impactos.htm>. Acesso em: 24 ago. 2025.

#### 4.0.1

FOTOVOLT. Luminária Solar Linha Pública (800–1000 W). Disponível em: <https://www.luminariasolar.com.br/rural>. Acesso em: 25 ago. 2025.

LUZ ATUAL. Luminária Pública LED 80 W – 12.800 lm, IP66, INMETRO. Disponível em: <https://www.luzatual.com.br/luminaria-publica-led-80w-ip66-inmetro-1-2/p>. Acesso em: 25 ago. 2025.

RT ILUMINAÇÃO. Luminária LED Pública Solar 200 W – IP66, INMETRO (c/ sensor). Disponível em: <https://www.rtiluminacao.com.br/luminaria-led-publica-200w-solar-ip66-inmetro-com-controle-e-sensor>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SUSTENTALED. Luminária Pública de Poste Solar 200 W – IP66 (promoção). Disponível em: <https://www.sustentaled.com.br/luminaria-publica-de-poste-solar-200w-led-com-sensor-e-controle>. Acesso em: 25 ago. 2025.

LUXMAN. Quanto custam as luzes solares de rua? Comparativo CAPEX/OPEX para 100 postes. 2024. Disponível em: <https://luxmanlight.com/pt/quanto-custum-as-luzes-solares-de-rua-2/>. Acesso em 25 ago.2025

PREFEITURA DE JACOBINA. Lei Orçamentária Anual – 2024: receitas por fonte, COSIP etc. Jacobina, 2024.

(INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Guia técnico para elaboração de projetos de iluminação pública – Volume 1: Diretrizes gerais. Rio de Janeiro: Inmetro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/cartilhas/guia-ip-vol1.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2025.) - BINDÉ JÚNIOR, Carlos José Rupp et al. Guia para iluminação pública. v. 1. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2021

(IBLUX. ABNT NBR 5101: entenda as especificações desta norma de iluminação. Disponível em: <https://www.ibilux.com.br/blog/abnt-nbr-5101-entenda-as-especificacoes-desta-norma-de-iluminacao/>. Acesso em: 01 ago. 2025.)

## 4.1

**ARDUINO. Uno.** *Arduino Uno Rev3*. Disponível em:

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. Acesso em: 30 jul. 2025.

**ARDUINO. Pin Mapping.** Disponível em:

<https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping168>. Acesso em: 30 jul. 2025.

**LINCK, Daniel Altenhofer.** Estudo de viabilidade de otimização de sistemas de iluminação pública: automação de luminárias. Disponível em:

<https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/1620>. Acesso em: 2 ago. 2025.

## 4.2

1. Prefeitura Municipal de Jacobina - Regiões e suas estruturas da Cidade Jacobina Bahia. Disponível em: <https://jacobina.ba.gov.br/> . Acesso em: 11 set. 2025.

2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). PANORAMA DE JACOBINA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/jacobina/panorama>. Acesso em: 11 set. 2025.
3. Jacobina Notícia - PROBLEMAS ENFRENTADOS NOS BAIRROS DE JACOBINA. Disponível em: <https://www.jacobinanoticia.com.br>. Acesso em: 11 set. 2025

## 13. ANEXO

### TABELAS

IDHM:

<https://infosanbas.org.br/municipio/jacobina-ba/#:~:text=Jacobina%20%C3%A9%20um%20munic%C3%ADpio%20da%20unidade%20federativa%20Bahia.,B%C3%A1sico%20e%20possui%20Plano%20Municipal%20de%20Saneamento%20B%C3%A1sico.>

MATRÍCULAS E DOCENTES:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/jacobina/panorama>

Vulnerabilidade:

<http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/2917508#sec-vulnerabilidade>

Tabela e gráfico sobre Clima:

Climate-Data.org.. Jacobina – Clima. Disponível em:

<https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/bahia/jacobina-42865/>. Acesso em: 23 ago. 2025.