



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL VICTOR DA SILVA BARROS
VINÍCIUS CUNHA CRUZ

**AVALIAÇÃO DE POLOS GERADORES DE VIAGENS (PGV'S) EM ZONAS DE
RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS**

TUCURUÍ-PA
2026

GABRIEL VICTOR DA SILVA BARROS

VINÍCIUS CUNHA CRUZ

**AVALIAÇÃO DE POLOS GERADORES DE VIAGENS (PGV'S) EM ZONAS DE
RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Marlon Braga dos Santos

Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B277a Barros, Gabriel Victor da Silva.

AVALIAÇÃO DE POLOS GERADORES DE VIAGENS (PGV'S) EM ZONAS DE
RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS / Gabriel Victor da Silva Barros, Vinicius Cunha Cruz.
— 2026.

69 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Marlon Santos

Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de
Tucuruí, Faculdade de Engenharia Civil, Tucuruí, 2026.

1. Planejamento Urbano. 2. Segurança de Barragens. 3. Polos Geradores de Viagens. 4.
Plano de Ação de Emergência. 5. Gestão de riscos. I. Cruz, Vinicius Cunha. II. Título.

CDD 388.041

GABRIEL VICTOR DA SILVA BARROS

VINÍCIUS CUNHA CRUZ

**AVALIAÇÃO DE POLOS GERADORES DE VIAGENS (PGV'S) EM ZONAS DE
RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Data da aprovação: 04/03/2026

Conceito: Excelente

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARLON BRAGA DOS SANTOS**
Data: 04/03/2026 10:18:41-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

Prof. Dr. Marlon Braga dos Santos – FEC/CAMTUC/UFPA

(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **MANOEL JOSE MANGABEIRA PEREIRA FILHO**
Data: 04/03/2026 10:44:02-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

Prof. Dr. Manoel José Mangabeira Pereira Filho – FEC/CAMTUC/UFPA

(Examinador Interno)

Documento assinado digitalmente
 **SARA KATHARINE MELO SILVA PORTILHO**
Data: 04/03/2026 15:17:15-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

Me. Sara Katharine Melo Silva Portilho

(Examinadora Externa)

A todos nossos familiares e amigos que nos apoiaram durante esta etapa desafiadora de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora de Nazaré, pela força, proteção, saúde e sabedoria concedidas ao longo de toda a minha trajetória acadêmica, foram dias e noites difíceis e desafiadores que tenho certeza que jamais conseguiria sem o apoio divino.

À minha família de modo geral, pelo apoio incondicional. Em especial aos meus pais Adelson Rabelo e Onilde Borges e a minha irmã Maria Gabriela, que me incentivaram constantemente, que me mostraram que esse sonho era possível, pela compreensão nos momentos de dificuldade, por terem me proporcionado o melhor ambiente familiar possível para a conclusão deste trabalho.

À minha parceira com quem escolhi dividir a vida, minha namorada Elayne Vanzeler que esteve ao meu lado durante toda a graduação, pelo apoio de maneira incansável, por ter iluminado meus dias escuros e principalmente por nunca ter soltado minha mão nesta caminhada. Sem você eu jamais conseguiria ter êxito nesta etapa.

Ao meu orientador, Marlon Braga, pela dedicação, paciência e contribuições técnicas que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, e agradeço ainda mais pela sincera amizade que construímos durante esta etapa, esta parceria tornou tudo mais suave e especial, agradeço também pelos conselhos trocados e pela excelente orientação.

À Universidade Federal do Pará e a todos os professores do curso de Engenharia Civil e até mesmo professores de outros cursos que somaram positivamente nesta jornada, em especial aos professores(as) Jedson Abrantes, Grazielle Tigre, Sara Portilho, Davi Silva e Manoel Mangabeira. Agradeço-lhes não somente pelos excelentes conhecimentos transmitidos, mas por serem tão especiais e incríveis e consequentemente terem tornado este ciclo mais leve e ter proporcionado um dos melhores ambiente acadêmicos possíveis.

Aos meus amigos e colegas que, direta ou indiretamente, colaboraram durante essa jornada, deixo meu sincero agradecimento a todos.

Gabriel Victor da Silva Barros

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por nunca me permitir desistir diante das dificuldades e por sempre me acompanhar, fortalecendo-me nos momentos de incerteza e cansaço ao longo desta jornada acadêmica. Sua presença foi essencial para que eu mantivesse a fé, a determinação e a coragem necessárias para chegar até aqui.

Aos meus pais, Marieva Fernandes Cunha e Rosivaldo Sanches Cruz, expresso minha eterna gratidão pelo amor, apoio incondicional e pelos inúmeros sacrifícios realizados para que eu pudesse concluir esta etapa. Vocês são minha base, meu exemplo de força e perseverança, e esta conquista também é de vocês.

À minha namorada, Maria Eduarda Antunes Lima, agradeço pelo companheirismo, pela paciência e pelo apoio constante, especialmente nos momentos de maior pressão. Sua presença foi fundamental para que eu mantivesse o equilíbrio emocional e a motivação durante todo esse processo.

Ao meu orientador, Dr. Marlon Braga dos Santos, agradeço pela orientação segura, pela disponibilidade, pela paciência e pelas contribuições técnicas fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua dedicação e comprometimento foram essenciais para a conclusão desta pesquisa.

A todos os professores que contribuíram para minha formação ao longo do curso de Engenharia Civil, deixo meu sincero reconhecimento. Em especial, à professora Me. Grazielle Tigre de Souza e ao professor Dr. Manoel José Mangueira Filho, pelo apoio e ensinamentos que foram determinantes para meu crescimento acadêmico e profissional. À professora Dra. Carolina Coelho da Rosa, agradeço de maneira especial pelo apoio e pelos conselhos em um momento muito difícil da minha vida, que foram fundamentais para que eu continuasse firme na minha trajetória.

À Universidade Federal do Pará, agradeço pela oportunidade de formação acadêmica, pelos ensinamentos transmitidos e pela contribuição significativa para minha construção profissional e pessoal.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho, meu sincero agradecimento.

Vinicius Cunha Cruz

RESUMO

O crescimento urbano do município de Tucuruí, no estado do Pará, ocorreu de forma acelerada e, em grande medida, dissociado das diretrizes de gestão de riscos associadas à barragem da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. A implementação recente do Plano de Ação de Emergência (PAE) evidenciou a necessidade de integração entre planejamento urbano, mobilidade e segurança de barragens, considerando que parte significativa da cidade se desenvolveu em áreas potencialmente afetadas por um eventual sinistro. Este trabalho teve como objetivo analisar a distribuição dos polos geradores de viagens no território urbano de Tucuruí e sua relação com as zonas de risco definidas pelo PAE, avaliando os impactos sobre a mobilidade e a vulnerabilidade da população. A metodologia baseou-se em pesquisa bibliográfica, análise documental, levantamento de dados urbanos e mapeamento espacial dos PGVs e das áreas classificadas como Zona de Autossalvamento. Os resultados indicaram que 33 dos 41 bairros urbanos apresentam algum grau de exposição ao risco, bem como que aproximadamente 93% das empresas cadastradas no município encontram-se localizadas em áreas inseridas na ZAS, com predominância de PGVs associados ao comércio, serviços essenciais e equipamentos institucionais, como unidades de saúde e estabelecimentos de ensino. Essa concentração intensifica os conflitos de mobilidade e compromete a eficiência das rotas de evacuação em cenários emergenciais. Conclui-se que a incorporação sistemática do zoneamento de risco ao planejamento urbano e à localização de novos PGVs é fundamental para a redução das vulnerabilidades e para o fortalecimento da segurança e da resiliência urbana de Tucuruí.

Palavras-chave: Planejamento urbano; Segurança de barragens; Polos geradores de viagens; Plano de ação de emergência; Gestão de riscos.

ABSTRACT

The urban growth of the municipality of Tucuruí, in the state of Pará, occurred rapidly and, to a large extent, dissociated from the risk management guidelines associated with the Tucuruí Hydroelectric Power Plant dam. The recent implementation of the Emergency Action Plan (EAP) highlighted the need for integration between urban planning, mobility, and dam safety, considering that a significant part of the city developed in areas potentially affected by a possible disaster. This work aimed to analyze the distribution of trip-generating poles in the urban territory of Tucuruí and their relationship with the risk zones defined by the EAP, evaluating the impacts on mobility and the vulnerability of the population. The methodology was based on bibliographic research, document analysis, urban data collection, and spatial mapping of trip-generating poles and areas classified as Self-Rescue Zones. The results indicated that 33 of the 41 urban neighborhoods present some degree of exposure to risk, and that approximately 93% of the businesses registered in the municipality are located in areas within the ZAS (Special Security Zone), with a predominance of PGVs (Priority Value Points) associated with commerce, essential services, and institutional facilities such as health units and educational establishments. This concentration intensifies mobility conflicts and compromises the efficiency of evacuation routes in emergency scenarios. It is concluded that the systematic incorporation of risk zoning into urban planning and the location of new PGVs is fundamental for reducing vulnerabilities and strengthening the security and urban resilience of Tucuruí.

Keywords: Urban planning; Dam safety; Trip generation centers; Emergency action plan; Risk management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de localização do município de Tucuruí-PA.....	15
Figura 2: Delimitação das zonas afetadas pelo rompimento hipotético da barragem de Tucuruí.....	29
Figura 3: Mapa de calor com a localização dos PGV's.....	32
Figura 4: imagem de referência do PAE Eletronorte (2024) ampliada	33
Figura 5: Grandes PGV's na região Norte de Tucuruí.	34
Figura 6: Grandes PGV's em bairros populosos no centro da cidade.	35
Figura 7: Grandes PGV's nas áreas mais a jusante da barragem	36
Figura 8: Grandes PGV's do bairro Jardim Paraíso, Tucuruí-PA.....	37
Figura 9: Grandes PGV's no bairro Centro, Tucuruí-PA.....	38
Figura 10: Grandes PGV's no bairro Belém, Tucuruí-PA.	39
Figura 11: Grandes PGV's na Rua Santo Antonio, Jaqueira, Tucuruí-PA.....	40
Figura 12: Grandes PGV's no bairro Liberdade, Tucuruí-PA	41
Figura 13: Representação no mapa de grandes PGV's fora da zona de risco	42
Figura 14: Grandes PGV's fora da zona de risco, no bairro Santa Mônica.....	43
Figura 15: Rotas de fuga dos bairros nova matinha e liberdade.....	45
Figura 16: Rotas de fuga do bairro São Sebastião.....	46
Figura 17: Rotas de fuga dos bairros Vila Pioneira, Matinha e Belém	47
Figura 18: Rotas de fuga do bairro da Matinha.....	48
Figura 19: Rotas de fuga dos bairros do centro de Tucuruí.....	49
Figura 20: Rotas de fuga dos bairros Jaqueira e Jardim paraíso	50
Figura 21: Rotas de fuga dos bairros Mangal, Beira Rio e Sulpan	52
Figura 22: Rotas de fuga do bairro do Getat	52
Figura 23: Rotas de fuga do bairro do Getat	54
Figura 24: Rotas de fuga do bairro do Getat e Conquista	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos bairros segundo situação de risco.....	26
Tabela 2: Distribuição das empresas conforme situação de risco.....	27
Tabela 3: Classificação dos bairros segundo situação de risco.....	30
Tabela 4: Distribuição das empresas conforme situação de risco.....	30
Tabela 5: Distribuição das empresas conforme situação de risco.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição das etapas metodológicas	24
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Considerações iniciais.....	14
1.2 Justificativa	18
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo geral	20
1.3.2 Objetivos específicos	20
2. ÁREA DE ESTUDO	21
3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	23
3.1 Classificação dos PGV's de Tucuruí-PA	25
3.2 Mapeamento de PGV's de Tucuruí-PA.....	25
3.3 Proposição de diretrizes para a implantação de PGV's em Tucuruí-PA.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Identificação e classificação dos PGV's de Tucuruí-PA.	29
4.2 Mapa de distribuição de PGV's da cidade de Tucuruí-PA	31
4.3 Situação de risco	33
4.4 Localização e impactos em situações de emergência.	44
4.5 Diretrizes para implantação de novos PGV's em Tucuruí-PA	56
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
5.1. Conclusões	58
5.2. Sugestões para trabalhos futuros	58
REFERÊNCIAS.....	61
Anexo 1: Rotas de fuga dos bairros nova matinha e liberdade	64
Anexo 2: Rotas de fuga do bairro São Sebastião.....	64
Anexo 3: Rotas de fuga dos bairros Vila Pioneira, Matinha e Belém	65

Anexo 4: Rotas de fuga do bairro da Matinha.....	65
Anexo 5: Rotas de fuga dos bairros do centro de Tucuruí.....	66
Anexo 6: Rotas de fuga dos bairros Jaqueira e Jardim paraíso	66
Anexo 7: Rotas de fuga dos bairros Mangal, Beira Rio e Sulpan	67
Anexo 8: Rotas de fuga do bairro do Getat	67
Anexo 9: Rotas de fuga do bairro do Getat	68
Anexo 10: Rotas de fuga do bairro do Getat e Conquista	69

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Segundo Kneib (2008), as cidades brasileiras passaram por profundas transformações espaciais e sociais nas últimas décadas, impulsionadas por fatores como o crescimento populacional, a descentralização de atividades econômicas e o aumento da demanda por mobilidade urbana. Diante disto, as cidades brasileiras foram crescendo de maneira desorganizada, principalmente nas regiões de interior ou de menor acesso a recursos básicos de infraestrutura, isto por sua vez acabou fazendo com que a população de cidades menos privilegiadas acabassem sendo naturalmente obrigadas a se alojar em locais onde teriam melhores oportunidades de sustentabilidade.

Neste contexto de crescimento urbano acelerado, conforme mostram Costa e Souza (2021), a formação das cidades modernas no Brasil está diretamente ligada à transformação das antigas cidades coloniais e às mudanças de valores atribuídas a esses espaços ao longo do tempo, as primeiras interpretações urbanísticas do século XX classificavam as cidades coloniais como desordenadas e inadequadas ao progresso, reforçando o imaginário de que a modernidade exigia rupturas com o passado

A partir desta mudança de visão sobre o espaço urbano, Gueddes (2022) diz que a formação das cidades modernas está associada à mudança de visão sobre o planejamento e desenvolvimento da urbano, os mesmos não deveriam ser guiado apenas por obras físicas ou expansão territorial, mas pela compreensão profunda da relação entre lugar, trabalho e povo. O autor propôs que a cidade evolui como um organismo vivo e que seu planejamento deve partir de diagnósticos amplos ambientais, sociais e econômicos. Essa abordagem marcou a transição do urbanismo tradicional para um urbanismo moderno, científico e orientado pela realidade local, influenciando diretamente a forma como as cidades contemporâneas passaram a ser planejadas.

Dentro dessa perspectiva de planejamento urbano, a mobilidade urbana é um conceito das cidades que têm utilidade de referência às condições das movimentações de seres humanos e bens de produtos no espaço geográfico, a utilização de veículos pelas vias urbanas e estrutura social. Não somente relacionada aos transportes, mas também a demais serviços associados, especialmente à interação da cidade e realização de deslocamentos (Brasil, 2005).

Todavia, a mobilidade urbana apresenta inúmeras soluções para quaisquer empecilhos que estão bastante atrelados a ela, tais como deficiências sistemas de transporte público.

Diante deste contexto, Lima (2022) expõe que pesquisas da ONU mostram que mais da metade da população mundial vive em grandes metrópoles com sistemas de mobilidade eficientes, realidade distante das cidades brasileiras. No século passado, políticas econômicas nacionais estimularam a “liberdade de locomoção”, incentivando a população a depender do automóvel. Esse modelo, já problemático nas grandes cidades, torna-se ainda mais crítico em municípios menores ou com pouco acesso a sistemas básicos de mobilidade urbana.

No contexto do conceito geral, os polos geradores de viagens (PGVs) são empreendimentos que produzem ou atraem grandes volumes de deslocamentos diários, antes vistos apenas como polos geradores de tráfego, seu conceito foi ampliado para abarçar também os impactos sociais, econômicos e territoriais associados à sua implantação e operação. Os PGVs, expressam de forma mais precisa a complexidade e a abrangência desses empreendimentos no contexto urbano atual, destacando sua importância para o planejamento urbano e para a promoção de uma mobilidade sustentável, especialmente em cidades que enfrentam desafios relacionados ao crescimento desordenado e à necessidade de integração entre os diferentes modos de transporte (Redpgv, 2010).

Sob essa ótica, Kneib (2004) destaca que os PGVs têm papel fundamental na formação do tecido urbano contemporâneo, pois alteram padrões de mobilidade e impulsionam transformações socioespaciais. Esses polos podem incluir escolas, hospitais, centros comerciais, instituições públicas, terminais de transporte e outros serviços essenciais. Sua presença em determinados pontos da cidade contribui para a formação de novas centralidades urbanas e para o redesenho das rotas de deslocamento da população.

Diante desta relevância, para REDPGV (2010) os PGVs são elementos estratégicos. Sua localização deve considerar critérios técnicos como acessibilidade, cobertura territorial e integração com o transporte coletivo, de forma a evitar a sobrecarga da infraestrutura viária e promover uma distribuição mais equitativa dos serviços urbanos. Quando mal planejados, podem gerar congestionamentos, pressão sobre o uso do solo e até comprometer estratégias de emergência em situações de risco, como as que envolvem desastres naturais ou tecnológicos.

Quando analisados sob gestão de riscos urbanos, Nogueira e Moura (2022), abordam uma questão bastante pertinente quanto a relação de gestão de riscos urbanos, os mesmos

afirmam que esta gestão deve ser entendida como um campo de conhecimento em constante evolução, que integra dimensões técnicas, sociais e territoriais. Os autores destacam que a consolidação dessa área no Brasil ocorreu a partir de avanços legais e institucionais, como a criação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil pela lei Federal nº 12.608/2012, que introduziu a obrigatoriedade de mapeamentos de risco e o fortalecimento da prevenção e mitigação de desastres no planejamento urbano.

Entretanto, Nogueira e Moura (2022) apontam que a efetividade da gestão de riscos urbanos ainda é comprometida pela descontinuidade das políticas públicas e pela falta de integração entre os diferentes níveis de governo. Essa limitação é especialmente crítica em cidades que se desenvolveram sem planejamento voltado à prevenção, o que amplia a exposição de populações a áreas suscetíveis e agrava as consequências de eventos extremos. Os autores defendem que os riscos urbanos não são fenômenos naturais, mas construções sociais resultantes da forma como o território é ocupado e transformado, exigindo, portanto, abordagens interdisciplinares e participativas.

No que se refere especificamente às estruturas de barragem, Souza *et al.* (2017) apontam que o gerenciamento de riscos deve ser entendido como um processo contínuo de identificação, análise e controle de possíveis modos de falha, indo além do simples cumprimento das normas técnicas tradicionais. O objetivo central desse estudo foi discutir e comparar criticamente os principais métodos de análise de risco aplicados a barragens, avaliando sua aplicabilidade, vantagens e limitações. Os autores analisam métodos qualitativos, semiquantitativos e quantitativos como FMEA, HAZOP, PFMA, Análises Probabilísticas, Árvores de Eventos e Falhas e propõem uma categorização de acordo com o nível de detalhamento e o objetivo da análise.

Nesse sentido, no âmbito da evolução do marco regulatório brasileiro sobre segurança de barragens, a Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, representa um avanço significativo em resposta aos graves desastres ocorridos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019). Promulgada para alterar e ampliar a Lei Federal nº 12.334/2010, que estabeleceu a PNSB, essa nova legislação introduziu instrumentos mais rigorosos de fiscalização, gestão e transparência, com o objetivo expresso de prevenir novos desastres e proteger vidas, o meio ambiente e o patrimônio público e privado.

No presente trabalho, a partir da atualização legislativa foram analisadas as principais inovações da Lei Federal nº 14.066/2020 comparando-a com a anterior, destacam-se

principalmente a ampliação do escopo de aplicação passando a abranger praticamente todos os tipos de barragens, a revisão e atualização obrigatória da classificação de categoria de risco (CR) e dano potencial associado (DPA) a cada três anos ou mediante alterações significativas na estrutura ou no entorno, e também uma forte ênfase nos instrumentos de gestão, tornando obrigatórios e permanentemente atualizados o PSB e o PAE, maior rigor fiscalizatório e sancionatório, transparência e acesso à informação.

Ademais, Gomes (2025) diz que a Lei Federal Nº 14.066/2020 reforça a necessidade de abordagens proativas e sistemáticas, alinhando-se às melhores práticas internacionais, como a Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM), a integração de análises de risco quantitativas e qualitativas, a realização de auditorias independentes e a adoção do princípio da precaução. Portanto, a lei não apenas responde a falhas anteriores do sistema, mas também busca institucionalizar uma cultura de segurança baseada em prevenção, monitoramento contínuo e responsabilização.

No contexto amazônico brasileiro, Segundo Oliveira (2025), a ocupação da Amazônia nas décadas de 70 e 80 esteve fortemente associada à implementação de grandes projetos de infraestrutura, a construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí-Pará, representa um dos principais marcos desse processo. No entanto, esse modelo de desenvolvimento foi marcado pela ausência de planejamento urbano e ambiental, gerando profundas transformações territoriais e sociais, nas regiões de interior, a instalação da hidrelétrica atraiu fluxos intensos de migração, incentivou o crescimento desordenado da cidade e provocou impactos socioambientais de grande escala.

Esse modelo de desenvolvimento, conforme demonstra Becker (2008) reproduziu desigualdades sociais e ambientais, consolidando uma urbanização excludente e predatória na Amazônia, isto se dá devido a ocupação mal planejada na Amazônia que fez com que várias regiões fossem diretamente afetadas por esta causa.

Como desdobramento desse processo, assim como as barragens de rejeitos, os grandes projetos hidrelétricos e de mineração na Amazônia têm sido associados a conflitos territoriais, reassentamentos involuntários e impactos socioambientais de longa duração (Fenzl *et al.*, 2020).

Nesse sentido a construção de hidrelétricas como Tucuruí e Belo Monte, aliada à expansão do agronegócio e da mineração, acelerou um processo de urbanização desordenada, marcado pelo êxodo rural e pela formação de periferias urbanas precárias (Fenzl *et al.*, 2020).

1.2 Justificativa

Para Melo et al. (2021) os problemas urbanos resultam de um longo processo histórico de urbanização. Para enfrentar esses desafios, foi criado o Plano Diretor (PD), instrumento responsável por orientar o crescimento das cidades e prevenir diversos problemas urbanos. O PD constitui o principal instrumento da política urbana brasileira e sua elaboração deve ocorrer com participação pública e discussões nas Câmaras de Vereadores, sendo também articulado às diretrizes orçamentárias e ao planejamento municipal (Sponchiado; Moscardini; Ebling, 2022).

Nesse contexto, conforme Meireles (2023), a redução dos problemas urbanos é fundamental para garantir o desenvolvimento sustentável das cidades e melhorar a qualidade de vida da população. A urbanização desordenada pode gerar impactos como ocupação irregular, favelização e aumento da geração de resíduos sólidos. Dessa forma, o planejamento urbano orientado pelo Plano Diretor torna-se essencial para organizar o crescimento municipal e reduzir esses impactos.

À luz dessas considerações, Rodrigues (2020) destaca que a integração entre ordenamento do uso do solo e políticas de gestão de riscos é essencial para reduzir a vulnerabilidade urbana e garantir maior segurança à população. O planejamento urbano orientado por riscos permite evitar a ocupação de áreas suscetíveis e fortalecer a resiliência das cidades frente a desastres socioambientais.

No campo da gestão de riscos, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) introduziu instrumentos importantes, como a classificação das barragens segundo a Categoria de Risco (CR) e o Dano Potencial Associado (DPA), além da exigência dos Planos de Segurança de Barragens (PSB) e dos Planos de Ação de Emergência (PAE). Esses mecanismos buscam prevenir desastres e ampliar a proteção da população e do meio ambiente. Entretanto, os rompimentos das barragens de Mariana (2015) e Brumadinho (2019)

evidenciaram limitações na aplicação da legislação existente, demonstrando a necessidade de um marco legal mais rigoroso. Como resposta, foi promulgada a Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, que atualizou e fortaleceu a PNSB, consolidando a Lei nº 12.334/2010 como instrumento fundamental para a gestão da segurança de barragens no Brasil.

Sob essa perspectiva, Garcia (2023) destaca que o planejamento urbano integrado é essencial para o desenvolvimento equilibrado das cidades, articulando o uso do solo, a mobilidade urbana e as políticas ambientais. Abascal e Bilbao (2022) ressaltam que essa integração contribui para a preservação ambiental e para a organização territorial, incorporando fatores sociais, econômicos e ambientais. Contudo, quando esse planejamento não é devidamente implementado, Silva e Silva (2020) apontam que a ausência de fiscalização e de informações adequadas aumenta a insegurança da população que habita áreas de risco, reforçando a necessidade de políticas mais eficazes de prevenção e gestão territorial.

No contexto de exposição a riscos, o Plano de Ação de Emergência (PAE) constitui um documento técnico voltado à definição de estratégias de resposta em situações de acidentes com barragens. O documento estabelece zonas de risco, rotas de fuga e procedimentos de evacuação para a população potencialmente atingida. No caso da UHE de Tucuruí, o PAE define a Zona de Autossalvamento (ZAS) como a região localizada à jusante da barragem em que o tempo de resposta das autoridades é limitado, considerando a distância correspondente ao tempo de chegada da onda de inundação de trinta minutos ou até 10 km.

Essa realidade não é exclusiva de Tucuruí. Segundo Silva (2024), em Estreito-MA toda a área urbana encontra-se inserida na ZAS, evidenciando o risco associado ao reduzido tempo de resposta em situações de emergência. De forma semelhante, Tucuruí apresenta áreas densamente ocupadas próximas à barragem, reforçando a necessidade de planejamento urbano e de um PAE eficiente.

Nesse cenário, a presença de PGV's em áreas de risco representa um desafio relevante para o planejamento urbano e para a segurança da população. Em cidades com barragens, como Tucuruí, esses desafios são ampliados pela concentração de pessoas e pela presença de infraestruturas urbanas essenciais, como hospitais, escolas e igrejas.

Por fim, a identificação da concentração de PGV's em áreas inseridas na ZAS evidencia uma lacuna histórica no planejamento territorial da cidade, que cresceu sem considerar plenamente os riscos associados à presença da barragem. Essa condição pode comprometer a eficiência de planos de evacuação e ampliar a vulnerabilidade da população que depende diretamente dos serviços oferecidos nesses polos.

Dessa forma, torna-se fundamental analisar a distribuição desses polos no espaço urbano, a fim de compreender como sua localização pode influenciar a exposição da população a possíveis situações de risco e contribuir para o aprimoramento das estratégias de planejamento urbano e gestão de emergências no município.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a localização dos PGV's em relação a zonas de risco de rompimento de barragem, tendo como estudo de caso a cidade de Tucuruí-PA.

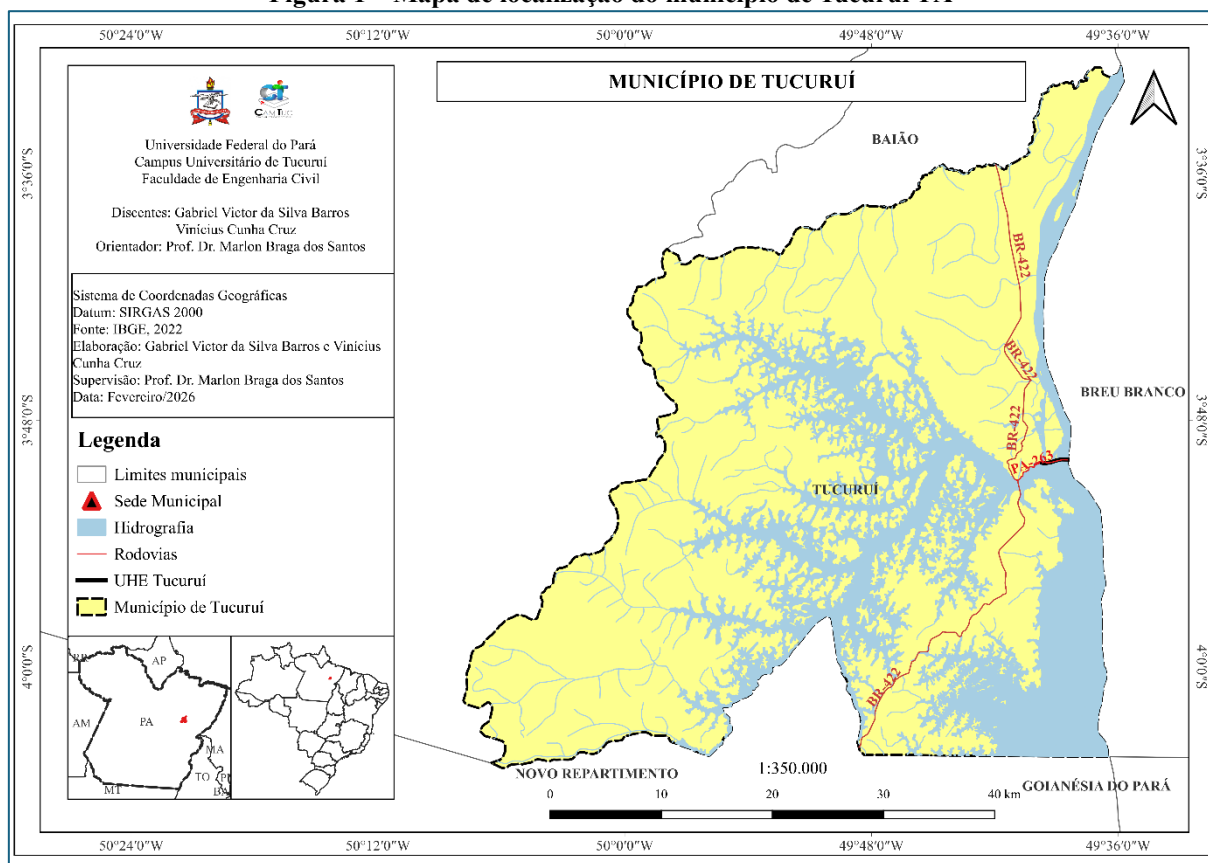
1.3.2 Objetivos específicos

- Avaliar as Zonas de Autossalvamento da cidade de Tucuruí-PA e relacioná-las ao uso e ocupação do solo;
- Categorizar os PGV's de acordo com seu porte e suas funções no contexto urbano;
- Elencar os PGV's localizados no interior da ZAS da UHE Tucuruí;
- Propor diretrizes para a implantação de novos empreendimentos na cidade de Tucuruí-PA.

2. ÁREA DE ESTUDO

O município de Tucuruí está localizado no sudeste do estado do Pará, compondo a região intermediária de Marabá e ganha destaque por sua representatividade na geração energética nacional, assim como por sua dinâmica urbana e ambiental. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Tucuruí possuía uma área territorial de 2.086 km² e uma população de 91.306 habitantes, conforme o Censo Demográfico de 2022. O município está situado às margens do rio Tocantins e do lago artificial formado pela UHE Tucuruí, a segunda maior usina hidrelétrica totalmente brasileira (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização do município de Tucuruí-PA



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A topografia de Tucuruí é caracterizada por áreas onduladas e desniveladas, o que resulta em bairros localizados em diferentes cotas altimétricas. Conforme o estudo de Ranieri, Costa e Rosa (2025), o relevo exerce papel determinante na definição do uso do solo urbano, principalmente em bairros situados próximos às margens do lago ou em áreas de declive acentuado. De acordo com mapeamentos recentes, a altitude do município varia entre -11 e 284 metros, o que evidencia uma distribuição irregular de cotas e uma topografia acentuada (Mapa topográfico de Tucuruí, 2025).

Em estudo sobre o PAE e o Plano de Contingência Municipal (PLANCON), Silva (2024) ressalta que áreas situadas em menores altitudes são mais suscetíveis em caso de ruptura da barragem, compondo a ZAS. O autor destaca ainda que a Eletronorte, em parceria com a defesa civil, vem realizando ações preventivas e instalando sistemas de alerta sonoro nas áreas consideradas de maior risco, reforçando a importância do monitoramento constante e da atualização dos planos de segurança (Eletronorte, 2025).

Para Cruz *et al.* (2023) apontam a estrutura geológica e a pressão exercida pelo grande reservatório podem, em alguns casos, induzir pequenos eventos sísmicos, o que reforça a necessidade de atenção contínua às condições do entorno da usina.

Segundo Brito, Santos e Santos (2024), a implantação da barragem impulsionou o crescimento econômico da região, mas também provocou transformações expressivas na organização territorial e cultural, principalmente entre as comunidades ribeirinhas que viviam às margens do rio Tocantins. O processo de formação do lago artificial modificou o modo de vida local, exigindo a adaptação de diversos grupos sociais e o reordenamento das atividades econômicas.

No território municipal também se encontra a Aldeia Assuriní do Trocará, localizada a cerca de 24 km da área urbana. Conforme Souza e Barros (2021), a comunidade é composta por cerca de 700 indígenas distribuídos em quatro aldeias Trocará, Ororitawa, Oimotawara e Mururitawa. A cultura desse povo é marcada por forte vínculo com a natureza e pela valorização das tradições, expressas em rituais, grafismos corporais e festividades. As práticas culturais Assuriní representam uma forma de resistência e reafirmação identitária diante das transformações trazidas pelo avanço urbano e energético na região.

Diante desses aspectos, o município de Tucuruí se destaca como uma área de estudo relevante por reunir características ambientais, topográficas e socioculturais singulares, que refletem os desafios e as potencialidades do desenvolvimento amazônico contemporâneo. Trata-se de um espaço onde se interligam a produção de energia, as dinâmicas urbanas e a preservação das identidades locais, compondo um cenário complexo e representativo da realidade paraense.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção, será apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, desde a coleta de dados até a análise territorial e identificação das áreas de risco associadas ao possível rompimento da barragem da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. A pesquisa desenvolvida neste trabalho é de abordagem qualitativa e caráter descritivo, pois busca compreender o fenômeno estudado a partir da interpretação e análise das informações obtidas em fontes bibliográficas e documentais. Conforme destacam Lakatos e Marconi (2017), a pesquisa qualitativa possibilita investigar fatos e comportamentos considerando o contexto em que ocorrem, sem recorrer exclusivamente a dados numéricos. Já segundo Gil (2019), a pesquisa descritiva tem como objetivo principal observar, registrar e analisar as características de um fenômeno sem interferir diretamente sobre ele.

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu em etapas interligadas, planejadas de acordo com os objetivos específicos do trabalho. A primeira etapa consistiu na análise e interpretação dos documentos técnicos relacionados à segurança de barragens, especialmente o Plano de Ação de Emergência (PAE) elaborado pela Eletronorte, que apresenta o mapeamento das áreas potencialmente afetadas por um rompimento hipotético da barragem da UHE Tucuruí. O PAE foi utilizado como base oficial para a identificação das áreas de risco, uma vez que reúne dados atualizados e institucionalmente validados pela própria Eletronorte e pela Defesa Civil. No entanto, o PAE delimita a ZAS de forma sintética, razão pela qual foi necessário complementar suas informações com estudos mais detalhados de modelagem hidrodinâmica.

Na segunda etapa, foi analisado o estudo de Santos (2017), elaborado com o auxílio do software MIKE FLOOD, o qual contribuiu de forma significativa para a delimitação das zonas de risco a partir da simulação hidrodinâmica. Esse estudo foi utilizado justamente por apresentar uma modelagem computacional aprofundada do comportamento da onda de inundação em caso de ruptura, permitindo visualizar velocidades, profundidades e tempos de chegada associados ao evento. Optou-se por utilizar o estudo de Santos (2017) como complemento ao PAE porque ele fornece um detalhamento técnico que o PAE, por sua natureza mais operacional, não apresenta. Assim, enquanto o PAE oferece a delimitação oficial das áreas de risco, o estudo de Santos aprofunda o entendimento sobre a dinâmica da inundação, aumentando a precisão da análise territorial proposta neste trabalho.

A terceira etapa envolveu o levantamento das empresas cadastradas na Associação Comercial e Industrial de Tucuruí (ACIT), com o objetivo de identificar a localização de

grandes, médias, pequenas e microempresas distribuídas pelo território urbano. As informações fornecidas pela associação foram fundamentais para a sobreposição das áreas de risco com a malha urbana e para a categorização dos bairros e empreendimentos potencialmente afetados, permitindo compreender como os PGVs estão distribuídos em relação à ZAS.

Por fim, a quarta etapa compreendeu a obtenção de dados junto à Prefeitura Municipal de Tucuruí, utilizados para a identificação oficial dos 41 bairros urbanos da cidade. Esses dados serviram de base para o cruzamento das informações espaciais e para a elaboração dos mapas temáticos que representam os diferentes níveis de risco no município, possibilitando a análise integrada entre aspectos urbanos, socioeconômicos e ambientais.

Quadro 1: Descrição das etapas metodológicas

ETAPA	DESCRIÇÃO
ETAPA 1 – Análise do PAE da Eletronorte	• Delimitação preliminar da ZAS • Identificação oficial das áreas potencialmente afetadas.
ETAPA 2 – Interpretação do Estudo de Santos (2017) – MIKE FLOOD	• Modelagem hidrodinâmica detalhada • Complementação do PAE com dados técnicos • Estimativa de tempo, profundidade e velocidade da onda.
ETAPA 3 – Levantamento das empresas da ACIT	• Identificação dos PGV's por porte e função • Localização dos empreendimentos na malha urbana.
ETAPA 4 – Coleta de dados junto à Prefeitura de Tucuruí	• Obtenção da lista oficial dos 41 bairros urbanos • Base territorial para cruzamento das informações.
ETAPA 5 – Cruzamento das informações e elaboração dos mapas	• Integração entre PAE, modelagem hidrodinâmica e dados da ACIT • Elaboração dos mapas de risco e da distribuição dos PGV's.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Além disso, utilizou-se dados oriundos da própria prefeitura para identificar oficialmente os bairros urbanos da cidade, uma vez que a plataforma emprega softwares próprios para localização e mapeamento de informações de mercado e áreas urbanas. Segundo a Prefeitura de Tucuruí, a cidade possui 41 bairros urbanos.

3.1 Classificação dos PGV's de Tucuruí-PA

A classificação dos Polos Geradores de Viagem (PGV's) de Tucuruí-PA foi realizada considerando dois critérios principais: porte do empreendimento e tipo de atividade desenvolvida. Essa etapa teve como base as informações obtidas junto à Associação Comercial e Industrial de Tucuruí (ACIT) e à Prefeitura Municipal, complementadas por análises em campo e consulta a documentos institucionais.

Quanto ao porte, os PGV's foram agrupados em três categorias pequeno, médio e grande porte conforme a área de influência e o volume de deslocamentos estimado para cada tipo de estabelecimento. Para essa definição, foram observados parâmetros de estudos anteriores, como o de Silva e Rodrigues (2022), que propõem a diferenciação dos empreendimentos de acordo com a intensidade de atração e geração de viagens.

Já em relação ao tipo de atividade, a classificação seguiu a natureza funcional dos empreendimentos, distribuindo-os em seis grupos: comercial, educacional, institucional, de saúde, industrial e de serviços. Essa distinção permitiu identificar a função predominante de cada polo no contexto urbano e compreender os padrões de deslocamento associados a cada categoria.

A partir desses critérios, foram delimitadas as classes de PGV's existentes em Tucuruí, contemplando todas as categorias identificadas no município, sem considerar ainda sua distribuição espacial ou predominância por região. Assim, a classificação abrange polos comerciais, de serviços, institucionais, educacionais, industriais, de saúde e demais atividades específicas observadas durante o levantamento. A análise detalhada sobre a localização predominante dessas categorias será apresentada apenas na seção de resultados, uma vez que o foco metodológico aqui é apenas a definição e organização das tipologias de PGV's presentes na cidade.

3.2 Mapeamento de PGV's de Tucuruí-PA

O mapeamento dos PGV's de Tucuruí-PA foi realizado a partir da delimitação das áreas de risco definidas na ZAS do PAE da Eletronorte (2024), em conjunto com a listagem oficial de bairros fornecida pela Prefeitura Municipal. O levantamento considerou exclusivamente os bairros urbanos, de modo a restringir o estudo à área central e densamente ocupada do município. Assim, regiões indígenas, quilombolas, pequenas ilhas e vilarejos não foram incluídos na contagem, uma vez que não integram o perímetro urbano.

Durante o processo de análise territorial, verificou-se que diversos bairros apresentavam porções situadas dentro e fora da ZAS, o que exigiu uma categorização específica para representar a condição de risco. Dessa forma, os bairros foram classificados em três categorias, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos bairros segundo situação de risco

Classificação de Risco	Nº de Bairros
S (Totalmente em risco)	X
P (Parcialmente em risco)	X
N (Fora de risco)	X

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Essa categorização foi adotada com base na necessidade de preservar a segurança da população e garantir a integridade das atividades urbanas em situações emergenciais. Assim, bairros total ou parcialmente inseridos na ZAS foram considerados como áreas de risco, independentemente da proporção territorial afetada. Essa decisão metodológica segue o princípio adotado pelo Brasil (2010), segundo o qual qualquer parcela vulnerável dentro de um bairro compromete a segurança dos moradores e a efetividade das ações de evacuação e resposta emergencial.

Com as áreas de risco definidas, passou-se à etapa de identificação dos empreendimentos comerciais e de serviços cadastrados na Associação Comercial e Industrial de Tucuruí (ACIT). O objetivo foi relacionar a localização das empresas com as zonas de risco, verificando em quais áreas urbanas os PGV's estão inseridos e quais estão sujeitos a maior vulnerabilidade.

Cada empresa foi analisada individualmente, levando-se em conta o bairro de localização e a respectiva classificação de risco atribuída a esse bairro na etapa anterior. Com base nesse cruzamento, as empresas foram organizadas em três categorias, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Distribuição das empresas conforme situação de risco

Situação da empresa	Quantidade	Percentual (%)
Dentro da Zona de Risco	x	x
Em bairros parcialmente na Zona de Risco	x	x
Fora da Zona de Risco	x	x
Total	x	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A partir dessa classificação, foi possível mapear a distribuição espacial dos PGV's e compreender a relação entre as atividades econômicas e as áreas de risco em Tucuruí. Os resultados obtidos permitiram identificar os setores urbanos com maior concentração de estabelecimentos comerciais e de serviços localizados total ou parcialmente dentro da ZAS, subsidiando a análise posterior de vulnerabilidade e planejamento urbano.

3.3 Proposição de diretrizes para a implantação de PGV's em Tucuruí-PA

As diretrizes propostas para a implantação de novos PGVs em Tucuruí foram definidas a partir dos resultados obtidos na classificação dos bairros, no mapeamento da ZAS e na análise da distribuição atual dos empreendimentos. Os critérios consideram principalmente a localização em relação às áreas de risco, os impactos no meio urbano, os princípios de planejamento urbano sustentável e as orientações de gestão de risco previstas no PAE da Eletronorte.

A avaliação territorial mostrou que a maior parte dos PGV's está concentrada em áreas vulneráveis, o que amplia os riscos à mobilidade e à segurança da população em um eventual rompimento da barragem. Por isso, recomenda-se que novos empreendimentos de grande circulação sejam instalados apenas em bairros fora da ZAS, como Vivacidade, Colorado, Santa Mônica e Cristo Vive, que apresentam espaço para expansão e boas conexões viárias.

Quanto ao impacto urbano, as diretrizes priorizam a descentralização dos serviços, evitando que a cidade continue dependendo de áreas que hoje concentram comércio, escolas e equipamentos públicos localizados total ou parcialmente em zonas de risco. A criação de

novas centralidades em bairros seguros contribui para distribuir melhor os fluxos de pessoas e reduzir a pressão sobre regiões vulneráveis.

No contexto do planejamento urbano sustentável, a implantação de novos PGVs deve basear-se em critérios técnicos relacionados ao porte do empreendimento, à atividade desenvolvida e às características territoriais do bairro de inserção. As diretrizes propostas consideram não apenas a segurança da área, mas também aspectos como infraestrutura urbana, acessibilidade ao transporte público, capacidade viária, potencial de adensamento e qualidade ambiental. Essa abordagem assegura que as recomendações não sejam interpretadas como arbitrárias, evidenciando a compatibilidade entre o empreendimento e o território a partir de análises técnicas

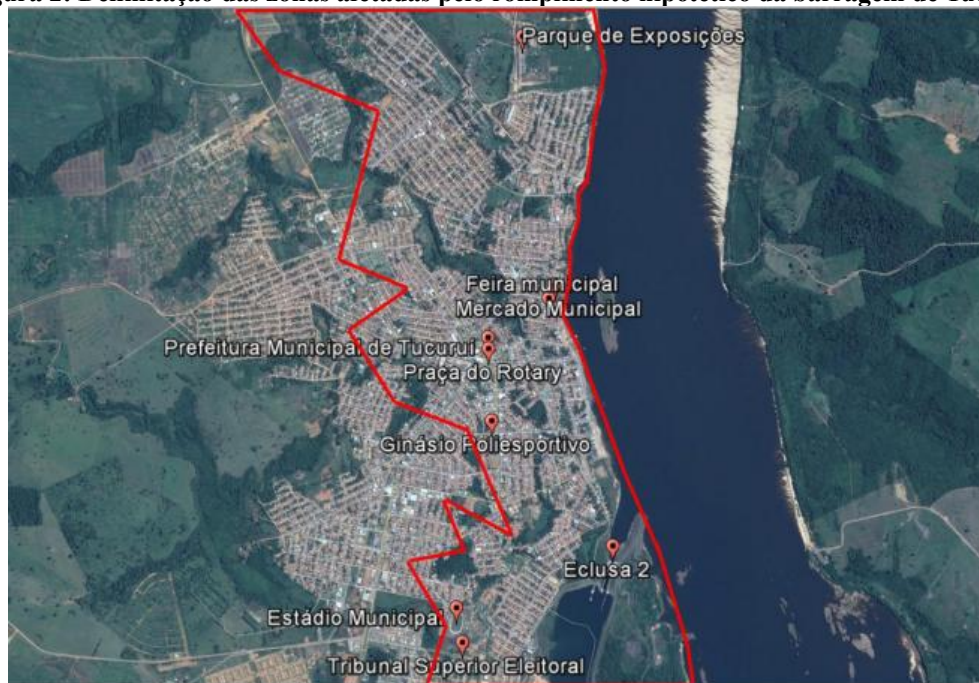
Sob a ótica da gestão de riscos, priorizam-se os PGVs de grande porte e os serviços essenciais, em razão da elevada concentração de pessoas e da dificuldade de evacuação em situações emergenciais. Assim, recomenda-se que esses equipamentos sejam implantados exclusivamente em áreas seguras, em conformidade com o PAE e as normas de segurança de barragens, reforçando a integração entre zoneamento de risco, licenciamento urbano e planejamento da expansão urbana.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação e classificação dos PGV's de Tucuruí-PA.

A Figura 2 ilustra a delimitação das áreas potencialmente afetadas pelo rompimento hipotético da barragem de Tucuruí, conforme modelagem hidrodinâmica apresentada por Santos (2017). Nela, observa-se a demarcação da ZAS, correspondente às áreas de maior risco, situadas próximas ao reservatório e sujeitas a inundações rápidas, sem tempo hábil para a atuação das autoridades públicas.

Figura 2: Delimitação das zonas afetadas pelo rompimento hipotético da barragem de Tucuruí



Fonte: Santos (2017).

A partir desta imagem, foi possível sobrepor a malha urbana da cidade e identificar os bairros e equipamentos urbanos localizados dentro e fora da zona de risco, evidenciando a concentração de PGV's em regiões vulneráveis. A tabela 3 apresenta a classificação dos bairros conforme sua situação de risco, permitindo visualizar quantos deles estão total ou parcialmente inseridos na ZAS. Ao considerar que bairros parcialmente inseridos na ZAS também foram classificados como áreas de risco devido à sua vulnerabilidade e à dificuldade operacional em situações de evacuação, constatou-se que 297 empresas (92,53%) estão em situação de risco, enquanto apenas 24 empresas (7,47%) permanecem fora dessas áreas. Esses valores são detalhados na Tabela 4, que apresenta a distribuição das empresas segundo sua localização em relação à zona de risco.

Tabela 3: Classificação dos bairros segundo situação de risco

Classificação de Risco	Nº de Bairros
S (Totalmente em risco)	22
P (Parcialmente em risco)	11
N (Fora de risco)	8

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Tabela 4: Distribuição das empresas conforme situação de risco

Situação da Empresa	Quantidade	Percentual (%)
Dentro da Zona de Risco	209	65,11
Em bairros parcialmente na Zona de Risco	88	27,41
Fora da Zona de Risco	24	7,47
Total	321	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A análise dos dados revelou que a maior parte das empresas cadastradas na ACIT está localizada em áreas de risco, configurando-se como potenciais PGV's dentro da ZAS. Ao todo, foram contabilizadas 321 empresas cadastradas na ACIT. Dessas, 209 empresas (65,11%) encontram-se situadas em bairros totalmente inseridos na zona de risco. Outras 88 empresas (27,41%) estão em bairros que possuem parte de seu território dentro da ZAS, sendo também consideradas em situação de risco, conforme os critérios metodológicos adotados. Por fim, 24 empresas (7,47%) encontram-se localizadas em bairros fora da zona de risco. A tabela 5 apresenta o consolidado final desses dados.

Tabela 5: Distribuição das empresas conforme situação de risco

Situação da Empresa	Quantidade	Percentual (%)
Dentro da Zona de Risco	297	92,53
Fora da Zona de Risco	24	7,47
Total	321	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

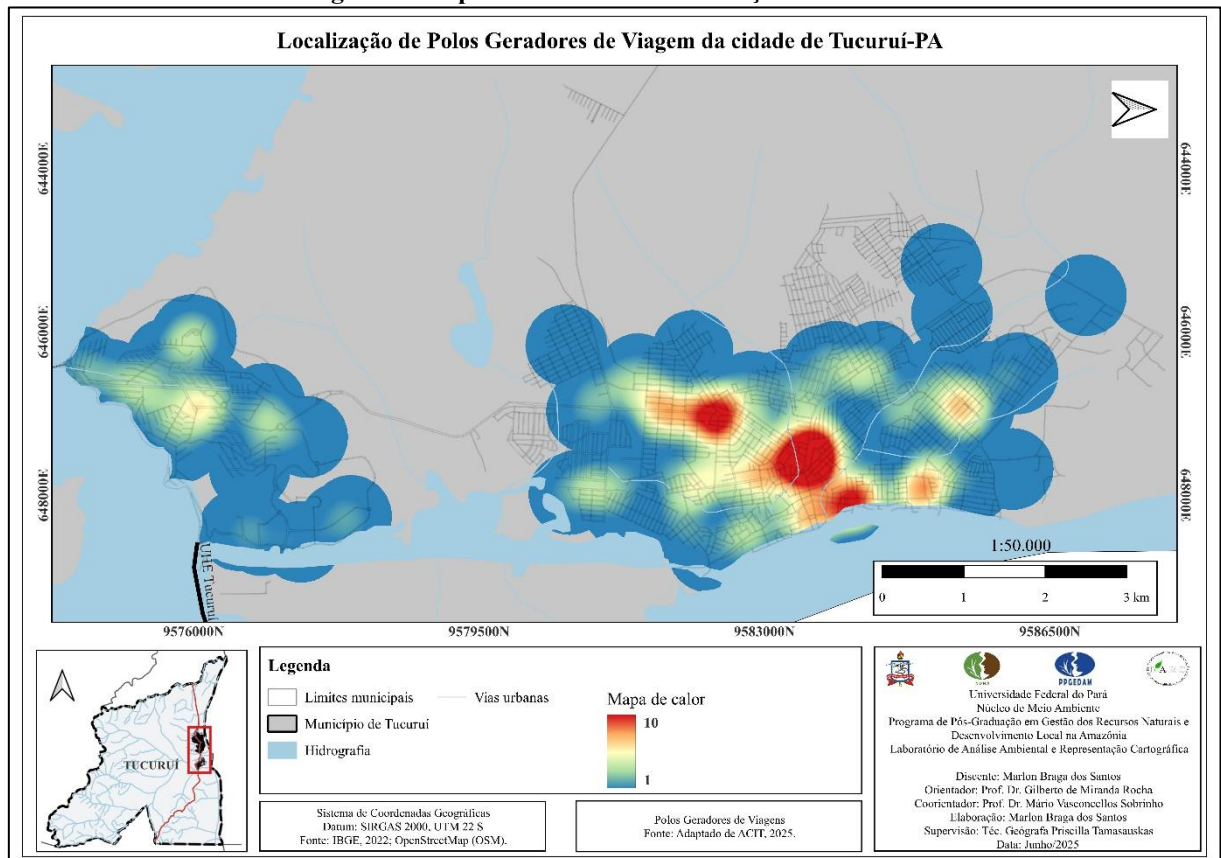
Esse dado evidencia a concentração de empreendimentos comerciais e de serviços em áreas críticas da cidade, o que, além de comprometer a segurança dos frequentadores e trabalhadores, aumenta consideravelmente a movimentação de pessoas em zonas potencialmente perigosas. Tal configuração reforça a necessidade de revisar o zoneamento urbano e propor alternativas para a realocação de PGV's ou descentralização de atividades em áreas consideradas seguras.

A predominância de empresas em áreas de risco impacta diretamente a logística de evacuação em caso de emergência, podendo causar congestionamentos, dificultar o deslocamento de equipes de socorro e aumentar o tempo de resposta das autoridades. Além disso, confirma o caráter de polo atrativo desses estabelecimentos, pois, independentemente do porte, as empresas acabam gerando fluxos diários de pessoas em busca de bens e serviços, caracterizando-se como PGV's, elemento central deste estudo.

4.2 Mapa de distribuição de PGV's da cidade de Tucuruí-PA

Alguns bairros populosos são bastante unidos territorialmente, o que é normal em qualquer cidade, mas isso poderia implicar em sérios empecilhos em uma eventual evacuação da população local para a ZAS, seriam muitas pessoas se direcionando para o mesmo ponto ao mesmo tempo em uma situação de emergência, o que faz as pessoas ficarem mais desesperadas. Para este levantamento utilizou-se uma análise dos bairros mais populosos da cidade que estão em zona de risco e foi detectado com o auxílio do programa QGIS aplicativo Google Earth os principais PGV's dessas regiões, os mesmos estão representados na figura 3.

Figura 3: Mapa de calor com a localização dos PGV's



Fonte: Santos (2025).

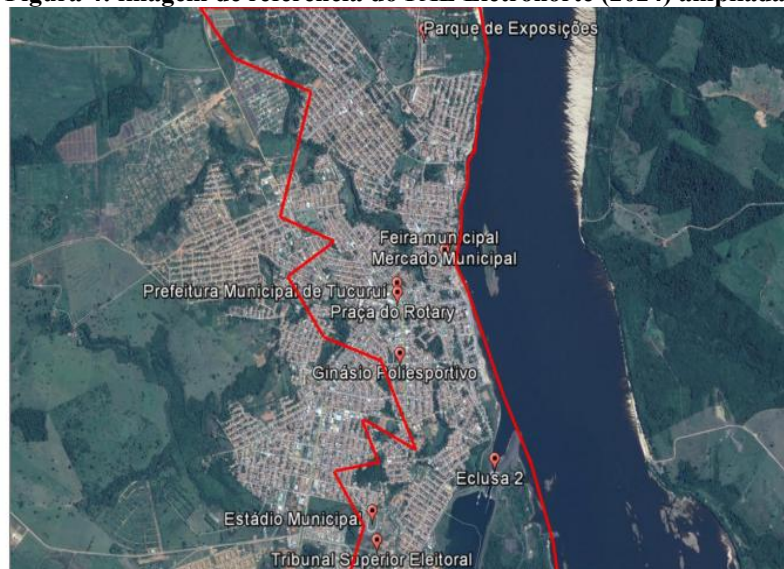
A concentração de PGV's em áreas contínuas do tecido urbano implica não apenas um aumento do número de deslocamentos diários, mas também uma intensificação da permanência de pessoas em regiões suscetíveis à inundação. Em um cenário de emergência, essa configuração tende a ampliar o contingente populacional exposto, incluindo não apenas moradores, mas também trabalhadores, usuários de serviços e população flutuante proveniente de outros bairros.

Além disso, a proximidade espacial entre PGV's de diferentes naturezas comerciais, institucionais, educacionais e de saúde potencializa a sobrecarga das rotas de fuga, uma vez que diferentes fluxos convergem simultaneamente para os mesmos corredores viários. Tal dinâmica evidencia a necessidade de integrar os resultados do mapa de calor às estratégias de planejamento urbano e de gestão de riscos, especialmente no que se refere à definição de diretrizes para a localização de novos empreendimentos.

4.3 Situação de risco

Nos bairros que encontram-se totalmente dentro da zona de risco, conforme foi apresentado na tabela 3, o mais agravante ainda é a alta densidade populacional, esta que está representada na imagem 3, e a concentração de grandes comércios na região (Tabela 5). Abaixo, na figura 4, será mostrada a comparação das zonas apresentadas e a zona de risco delimitada pelo PAE da Eletronorte.

Figura 4: imagem de referência do PAE Eletronorte (2024) ampliada



Fonte: PAE da Eletronorte (2024).

A distribuição dos PGV's por bairro, quando analisada em conjunto com os dados populacionais, evidencia uma correlação direta entre áreas de maior densidade demográfica e maior concentração de polos atratores de viagens. Essa sobreposição espacial indica que os bairros mais populosos de Tucuruí são, simultaneamente, aqueles que concentram maior volume de atividades econômicas e de serviços, ampliando a complexidade da gestão de riscos.

Em contextos de emergência, essa configuração territorial tende a gerar um efeito cascata, no qual a evacuação de um bairro impacta diretamente os bairros adjacentes, sobretudo quando compartilham infraestrutura viária e rotas de fuga semelhantes. A elevada densidade populacional associada à presença de PGV's reduz a capacidade de resposta do sistema urbano, uma vez que aumenta significativamente o tempo necessário para a dispersão segura da população.

Dessa forma, os mapas evidenciam que a vulnerabilidade urbana não se limita à proximidade física com a barragem, mas está fortemente associada ao padrão de ocupação do solo e à distribuição das atividades urbanas. Essa constatação reforça a importância de políticas públicas que considerem simultaneamente densidade populacional, mobilidade e risco tecnológico no processo de planejamento urbano.

A Região Norte da ZAS apresenta uma expressiva concentração de PGV's, caracterizada pela presença de equipamentos comerciais, institucionais e de serviços públicos. Essa configuração espacial resulta em elevados fluxos diários de deslocamento, que ultrapassam a população residente e ampliam significativamente o número de pessoas expostas ao risco.

A proximidade entre os PGV's e áreas residenciais intensifica a pressão sobre a infraestrutura viária local, especialmente em horários de pico. Em um cenário de emergência, a convergência de diferentes fluxos oradores, trabalhadores e usuários de serviços tende a comprometer a fluidez das rotas de fuga, aumentando o tempo de evacuação e reduzindo a eficácia das estratégias de autossalvamento (Figura 5).

Figura 5: Grandes PGV's na região Norte de Tucuruí.



Fonte: Google Street View.

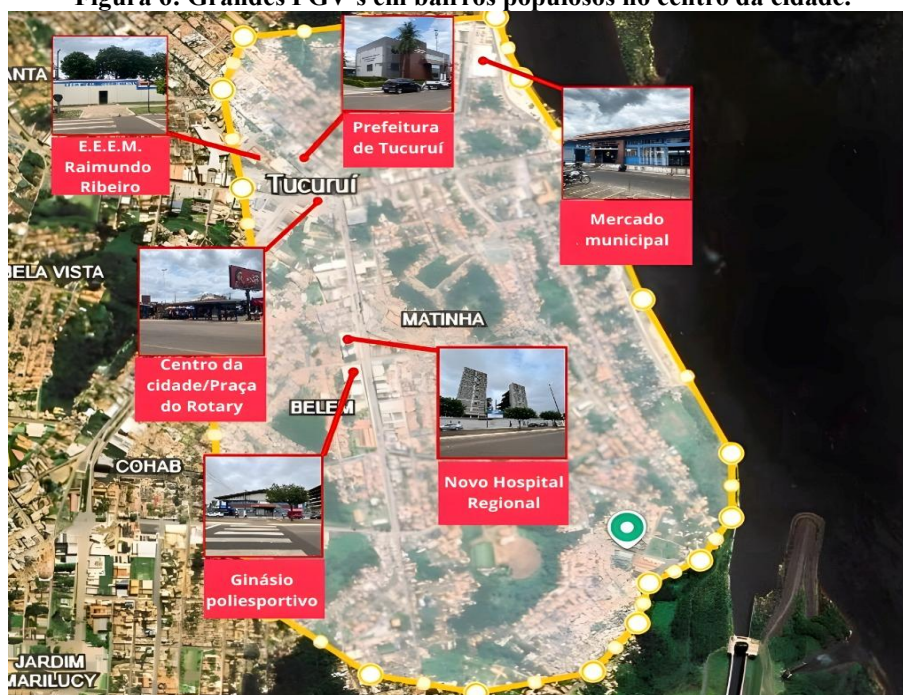
Assim, a análise dessa região evidencia que a concentração funcional de atividades urbanas em áreas de risco representa um fator agravante da vulnerabilidade, demandando maior atenção por parte do poder público na definição de diretrizes para o uso e ocupação do solo.

Também foram localizados grandes PGV's nas regiões centrais da cidade, as quais concentram um número enorme de pessoas diariamente (Figura 6). A Região Central da ZAS concentra alguns dos mais importantes PGV's de Tucuruí, desempenhando papel estratégico na dinâmica econômica e social do município. Essa centralidade funcional se traduz em elevados volumes de deslocamentos diários, tornando a região altamente dependente de uma infraestrutura viária que já opera próxima ao seu limite em condições normais.

A localização desses polos em área de risco evidencia um descompasso entre o crescimento urbano e a gestão de riscos, uma vez que a centralidade atratora tende a aumentar a permanência de pessoas justamente nas áreas mais vulneráveis. Em situações de emergência, essa condição pode comprometer a evacuação rápida e ordenada da população, sobretudo em função da sobreposição de fluxos provenientes de diferentes bairros.

Dessa forma, os mapas indicam que a centralidade urbana, quando não acompanhada de políticas de mitigação de riscos, pode se transformar em um fator de ampliação da vulnerabilidade territorial, exigindo ações integradas entre planejamento urbano e defesa civil.

Figura 6: Grandes PGV's em bairros populosos no centro da cidade.



Fonte: Google Street View.

Do mesmo modo, foram localizados e representados alguns PGV's que são bastante novos em relação a maioria, trata-se do Centro Especializado em Reabilitação (CER III) e da Usina da Paz de Tucuruí que abrangem moradores de diversos bairros diferentes da cidade (Figura 7). A Região Jusante da ZAS apresenta uma concentração significativa de PGV's

associada à proximidade com o rio Tocantins e às atividades desenvolvidas ao longo de sua margem. Essa configuração espacial favorece a permanência de pessoas em áreas potencialmente mais suscetíveis aos impactos diretos de um eventual rompimento de barragem.

A presença de PGV's nessa região amplia o número de indivíduos expostos, incluindo população flutuante atraída por atividades comerciais, educacionais e de lazer. Em um cenário de emergência, a evacuação dessa população torna-se particularmente complexa, em função da dependência de poucos eixos viários e da limitação de rotas alternativas.

A análise dos mapas evidencia, portanto, que a concentração de atividades urbanas na região jusante constitui um fator crítico de risco, reforçando a necessidade de revisão das diretrizes de ocupação do solo e de maior controle sobre a implantação de novos empreendimentos em áreas vulneráveis.



Fonte: Google Street View.

No presente trabalho também foram selecionados e listados outros dos principais grandes PGV's que não puderam ser representados acima, alguns deles possuem paradas de ônibus, transporte coletivo esse que, é gerido unicamente pela empresa Viação Tucuruí e faz

diariamente um deslocamento de centenas de pessoas dos bairros mais afastados do centro da cidade para outras áreas urbanas. A seguir, descrevem-se outros dos principais PGV's mapeados e seus determinados bairros:

- **Jardim Paraíso:** concentra grandes PGV's como bosques, escolas, praças e o maior supermercado da cidade, o Mix Mateus, ponto de grande circulação diária de clientes, trabalhadores e veículos. Esta região é de suma importância municipal e de grande potencial de desenvolvimento urbano, pois como já descrito anteriormente abrange o maior PGV comercial da cidade estando este conectado a uma das vias de transito que cortam a cidade e estando no fluxo principal nos mapas de rotas de fuga da região (Figura 8).

Figura 8: Grandes PGV's do bairro Jardim Paraíso, Tucuruí-PA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

- **Centro:** A área central de Tucuruí configura-se como a região mais adensada do município em termos de moradias e, sobretudo, de atividades comerciais e institucionais, concentrando um conjunto expressivo de PGVs, como agências bancárias, farmácias, clínicas,

lojas e órgãos públicos. Essa diversidade de usos atrai diariamente um grande contingente de usuários provenientes de diferentes bairros, intensificando os deslocamentos associados ao acesso a serviços essenciais e às atividades econômicas. O Centro também se destaca por funcionar como ponto de convergência de diversas vias classificadas como coletoras, responsáveis por captar fluxos oriundos de vários setores da cidade e direcioná-los para essa área. Dessa forma, a elevada circulação da população local reforça o papel estratégico do Centro na dinâmica urbana e evidencia a necessidade de planejamento integrado da mobilidade e da gestão de riscos, considerando sua elevada dependência funcional e concentração de pessoas (Figura 9).

Figura 9: Grandes PGV's no bairro Centro, Tucuruí-PA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

- **Bairro Belém:** O bairro Belém possui importância estratégica na estrutura urbana de Tucuruí por abrigar o Ginásio Poliesportivo do município e concentrar a construção do novo Hospital Regional, configurando-se como um relevante e futuro PGV associado às

áreas de saúde e eventos. Esses equipamentos apresentam elevado potencial de atração de usuários provenientes de diferentes bairros, intensificando os fluxos de deslocamento tanto em períodos regulares quanto durante a realização de atividades esportivas e eventos de grande porte. Destaca-se ainda a presença da Avenida 07 de Setembro, uma das vias mais populares e estruturantes da cidade, responsável por interligar bairros como Centro, Cohab, São Francisco, Colinas e Pioneira, ampliando significativamente a acessibilidade do bairro. Nesse contexto, a combinação entre PGVs de grande porte e um eixo viário fundamental reforça a necessidade de planejamento integrado da mobilidade urbana e da gestão de riscos, considerando a função estratégica do bairro para o funcionamento da cidade (Figura 10).

Figura 10:Grandes PGV's no bairro Belém, Tucuruí-PA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

- **Jaqueira:** O bairro Jaqueira desempenha papel fundamental na dinâmica urbana de Tucuruí ao sediar a Feira Municipal, configurando-se como um importante Polo Gerador de Viagens voltado ao comércio de alimentos e produtos regionais. Esse equipamento urbano

atrai diariamente moradores de diversos bairros, com intensificação dos fluxos sobretudo nos fins de semana, quando a atividade comercial se torna mais concentrada e diversificada. A feira exerce influência direta sobre a mobilidade local, promovendo aumento no volume de deslocamentos a pé, por transporte coletivo e por veículos particulares, além de pressionar o sistema viário do entorno. Dessa forma, a localização desse PGV em área suscetível a riscos reforça a necessidade de planejamento específico para a gestão dos fluxos e para a adoção de medidas que garantam a segurança da população usuária e a continuidade das atividades comerciais (Figura 11).

Figura 11: Grandes PGV's na Rua Santo Antonio, Jaqueira, Tucuruí-PA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

• **Liberdade:** O bairro Liberdade apresenta relevância estratégica na dinâmica urbana de Tucuruí por concentrar PGVs de caráter institucional e social, com destaque para o Centro Especializado em Reabilitação (CER) e a Usina da Paz, atualmente em funcionamento. Esses equipamentos atraem diariamente usuários provenientes de diferentes bairros do município,

gerando fluxos significativos de deslocamento associados ao acesso a serviços de saúde, assistência social, cultura e cidadania. A presença simultânea desses PGVs reforça o papel do bairro como polo de atendimento regional, impactando diretamente a mobilidade urbana e a demanda sobre o sistema viário local. Nesse contexto, a localização desses equipamentos em área sujeita a risco potencial evidencia a necessidade de integração entre planejamento urbano, gestão de riscos e políticas de mobilidade, de modo a garantir a segurança da população atendida e a continuidade dos serviços essenciais (Figura 12).

Figura 12: Grandes PGV's no bairro Liberdade, Tucuruí-PA

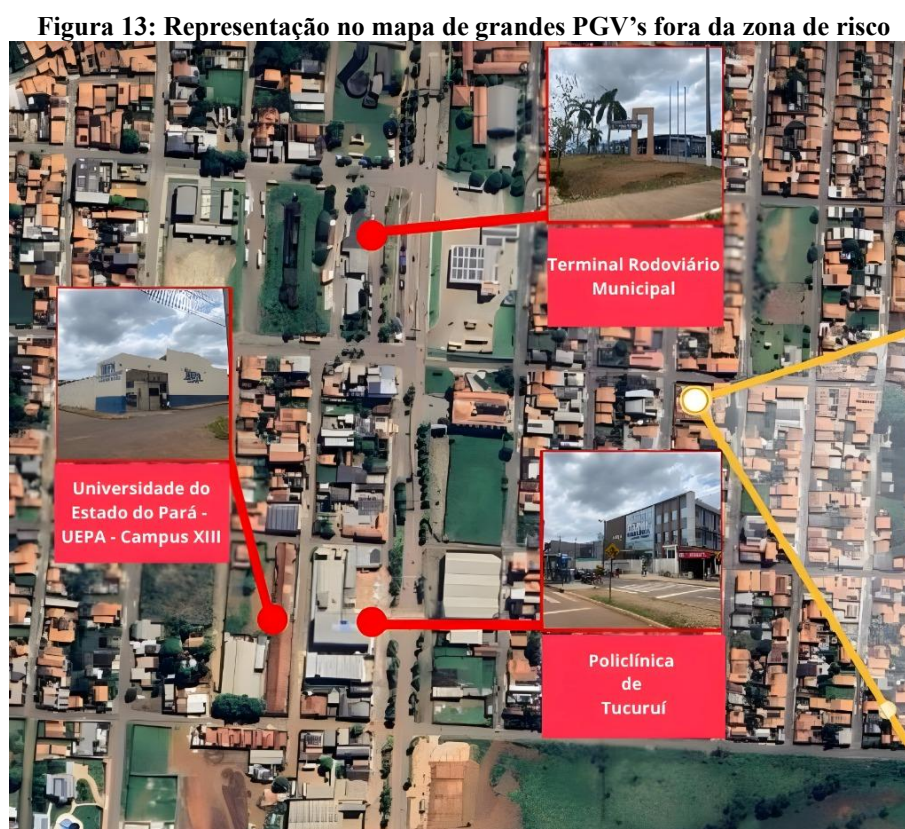


Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Ao reunir todas as informações do mapeamento, identifica-se que alguns PGVs exercem papel central na dinâmica urbana das áreas inseridas na ZAS, contribuindo diretamente para o fluxo de pessoas e veículos nesses setores. Entre os principais PGV's comerciais destaca-se o supermercado Mix Mateus, no Jardim Paraíso, que representa o maior empreendimento varejista da cidade. No setor educacional, a Escola Dulcimar Mesquita Brito

Botelho, no Mangal, reúne diariamente grande número de estudantes e trabalhadores. No âmbito dos serviços públicos e de abastecimento, a Feira Municipal da Jaqueira permanece como um dos principais pontos de comércio popular da região. Já em relação às atividades de lazer, a Orla da Matinha se destaca por atrair grande movimentação de moradores. Além desses polos já consolidados, observa-se a construção do Novo Hospital Regional, no bairro Belém, que tende a intensificar ainda mais os deslocamentos em uma área já reconhecida como vulnerável. A presença e a expansão desses PGV's reforçam a necessidade de um planejamento urbano mais atento ao risco, buscando minimizar os impactos da concentração populacional dentro da ZAS.

É importante ressaltar que naturalmente com o aumento da urbanização novos PGV's de pequeno, médio e grande porte irão surgir, em Tucuruí alguns PGV's de grande porte estão se alocando em zonas seguras, o que é muito importante para a segurança da população. Dentro deste parâmetro, foram registrados alguns dos principais novos PGV's de grande porte que encontram-se em zonas seguras (Figura 13), são eles:



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O bairro Jardim Marilucy possui uma parte do seu território que encontra-se muito próxima ao bairro Santa Monica que está em uma zona segura, o mesmo abriga uma Unidade

Básica de Saúde (UBS) localizada em área classificada fora da zona de risco, configurando-se como um PGV essencial para o atendimento primário à saúde da população. A UBS desempenha papel fundamental na oferta de serviços preventivos, consultas, acompanhamento de doenças crônicas e ações de promoção da saúde, atraindo usuários de diferentes faixas etárias e de bairros do entorno. A localização desse equipamento em uma região segura representa uma vantagem estratégica em situações de emergência ou de possível sinistro, pois garante a continuidade do atendimento à população e permite que a unidade atue como ponto de apoio durante ações de resposta e acolhimento. Dessa forma, esta região do bairro Jardim Marilucy destaca-se como exemplo positivo de compatibilização entre uso do solo, oferta de serviços essenciais e gestão de riscos no planejamento urbano de Tucuruí.

Figura 14: Grandes PGV's fora da zona de risco, no bairro Santa Mônica.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

4.4 Localização e impactos em situações de emergência.

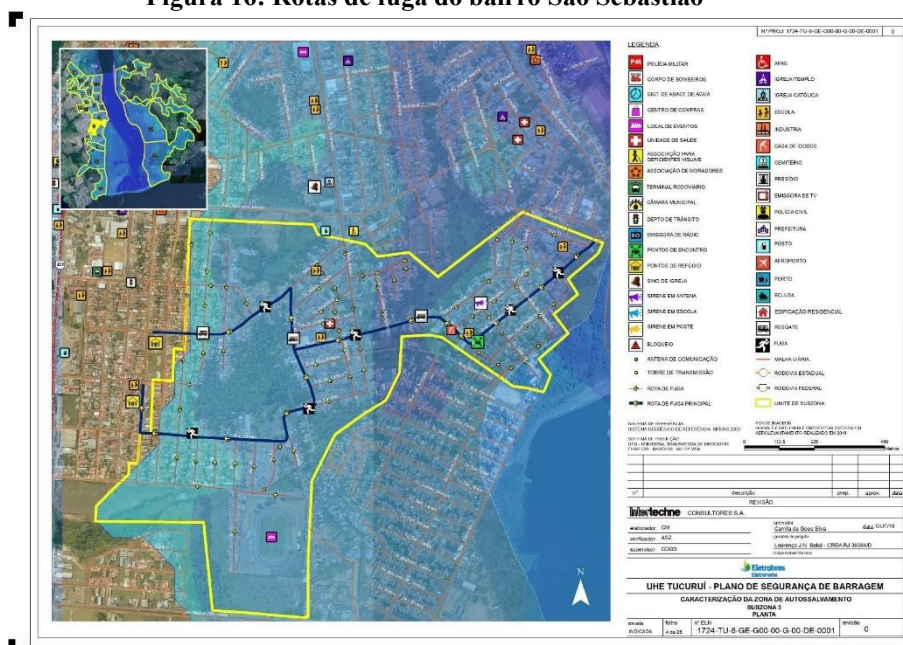
A localização dos PGV's em Tucuruí, quando analisada em conjunto com as informações oficiais do PAE da Eletronorte (2024), revela um cenário sensível em termos de segurança em situações de emergência. A concentração desses polos em bairros densamente povoados e totalmente inseridos na ZAS, como Getat, Jardim Paraíso, Mangal e Beira Rio, amplifica os riscos durante uma evacuação emergencial. Esses locais não apenas reúnem grande quantidade de moradores, mas também atraem diariamente fluxos adicionais de pessoas em busca de serviços essenciais, comércio, lazer e transporte público.

Em uma situação de emergência, essa configuração espacial gera impactos significativos sobre a dinâmica urbana. As rotas de fuga presentes no Plano de Contingência Municipal de Tucuruí (PLANCON) de 2023, já intensamente utilizadas em condições normais, estariam sujeitas a congestionamentos imediatos, dificultando o deslocamento de pedestres, veículos particulares e coletivos. Diante disto, estão inseridas no presente trabalho as rotas de fugas presente no PLANCON nos bairros que foram abrangidos por este estudo. As figuras representativas das rotas de fuga foram organizadas de maneira jusante-montante de um cenário hipotético de rompimento de barragem.

A análise das rotas de fuga propostas no PLANCON, quando associada à distribuição espacial dos PGV's, evidencia limitações importantes do ponto de vista da mobilidade e da segurança em situações de emergência. Embora o PLANCON apresente rotas formalmente definidas para os bairros inseridos na ZAS, observa-se que essas rotas foram planejadas de maneira predominantemente setorial, sem considerar de forma integrada a dinâmica urbana cotidiana e a intensa concentração de PGV's ao longo desses trajetos.

Em condições normais de funcionamento da cidade, muitas das vias indicadas como rotas de fuga já apresentam elevado volume de tráfego, em função da presença de supermercados, feiras, escolas, unidades de saúde e equipamentos públicos. Em um cenário de emergência, essa mesma infraestrutura viária passaria a receber, simultaneamente, moradores locais, trabalhadores, usuários de serviços e pessoas provenientes de outros bairros, ampliando significativamente o risco de congestionamentos e atrasos na evacuação. Antes de iniciar a apresentação das rotas de fuga é válido destacar que para haver uma melhor visualização das legendas presentes nas imagens do PLANCON que foram usadas no presente trabalho, as mesmas encontram-se nos 10 anexos que estão no fim deste documento.

Figura 16: Rotas de fuga do bairro São Sebastião

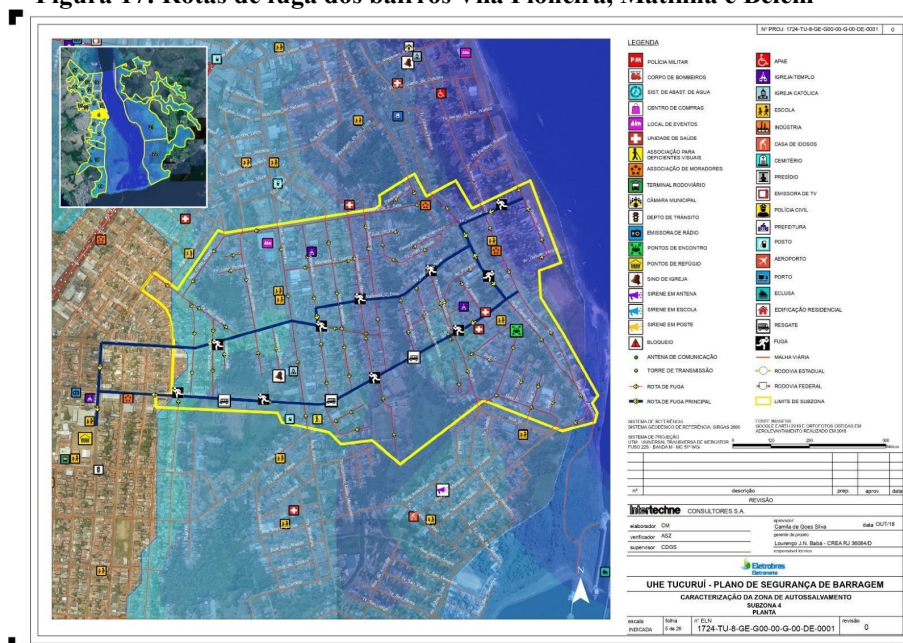


Fonte: PLANCON (2023).

Nesse contexto, a proximidade entre esses bairros e a interdependência funcional entre eles reforçam a possibilidade de um efeito de saturação das rotas de fuga, no qual a evacuação de uma área interfere diretamente na capacidade de resposta das áreas adjacentes. Tal configuração evidencia a necessidade de integração mais efetiva entre planejamento de emergência e o ordenamento urbano, sobretudo no que diz respeito à localização de equipamentos de grande atração populacional.

Já na região central de Tucuruí, mais especificamente nos bairros Belém, parte da Matinha e Vila Pioneira (Figura 17), concentram-se alguns dos mais importantes PGV's da cidade, incluindo agências bancárias, comércio varejista, órgãos públicos, unidades de saúde e equipamentos educacionais. Essa centralidade funcional resulta em fluxos intensos e contínuos de pessoas ao longo do dia, tornando as rotas de fuga desses bairros particularmente vulneráveis em um cenário de emergência.

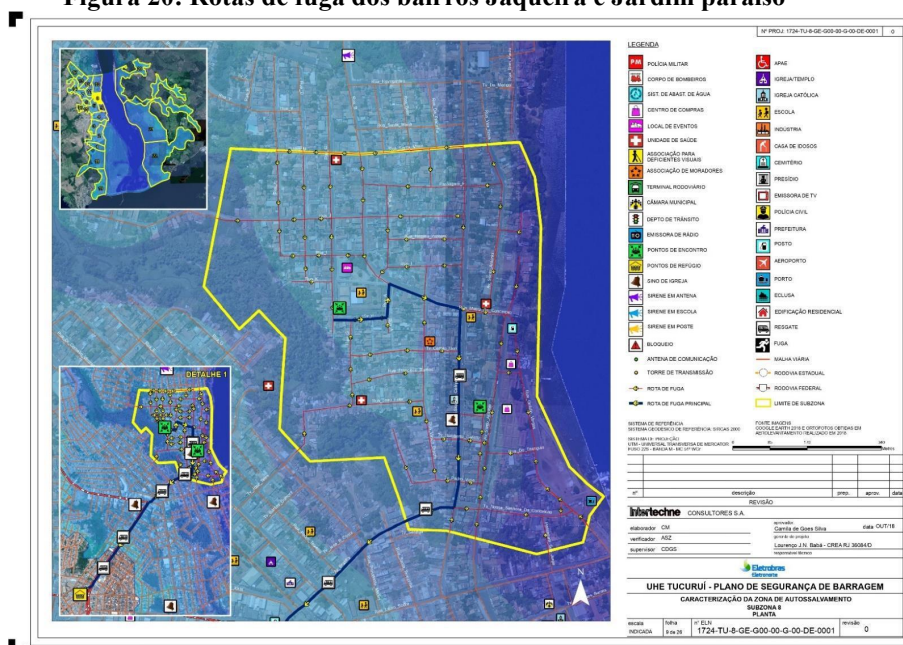
Figura 17: Rotas de fuga dos bairros Vila Pioneira, Matinha e Belém



Fonte: PLANCON (2023).

Em seguida temos o bairro da Matinha em sua totalidade com suas rotas de fuga sendo representadas na figura 18. O mesmo possui um PGV que não é considerado uma empresa, mas sim um lugar de certa maneira turística, trata-se da Escadaria de Santo Antônio, em dias comuns este ponto pode parecer apenas mais um lugar histórico da cidade, mas em dias de eventos e comemorações festivas ele torna-se palco de um dos maiores locais onde a população de Tucuruí se reúne. Além dele, este bairro abrange também a Orla de Tucuruí a qual reúne diariamente centenas de pessoas no seu perímetro. Cenários como este reforçam ainda mais a importância de um excelente planejamento para com as rotas de fuga tornando-as estrategicamente fluidas e eficazes.

Figura 20: Rotas de fuga dos bairros Jaqueira e Jardim paraíso



Fonte: PLANCON (2023).

Tal configuração evidencia a incompatibilidade entre a localização de grandes PGV's e áreas classificadas como de alto risco, reforçando a necessidade de diretrizes mais restritivas para a implantação de novos empreendimentos em regiões inseridas na ZAS. A análise das rotas de fuga desses bairros demonstra que a simples existência de trajetos definidos não garante, por si só, a eficiência da evacuação em situações extremas.

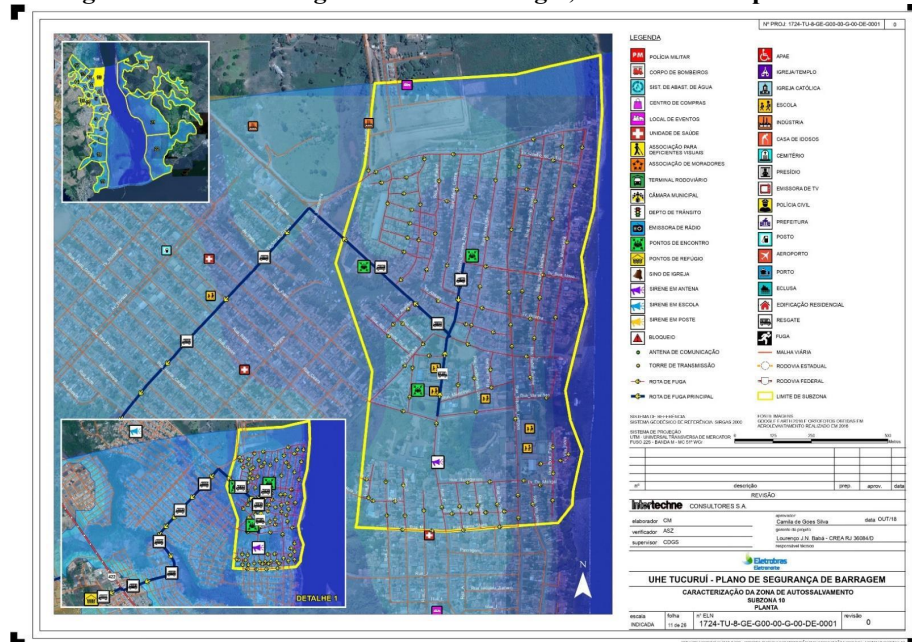
Os bairros Mangal, Beira Rio e Sulpan apresentam uma relação direta com o rio Tocantins e estão entre as áreas mais suscetíveis aos impactos de um rompimento de barragem (Figura 21). Além da proximidade com o leito do rio, esses bairros concentram PGV's relevantes, como instituições educacionais e áreas de lazer, que ampliam a circulação de pessoas ao longo do dia.

As rotas de fuga propostas para essa região evidenciam uma forte dependência de poucos eixos viários, o que reduz a redundância do sistema de evacuação. Em um cenário de emergência, qualquer obstrução, atraso ou falha operacional nessas vias pode comprometer significativamente a capacidade de resposta, colocando em risco um grande contingente populacional.

Ademais, a presença de PGV's nessas áreas tende a intensificar a permanência de pessoas que não residem nos bairros, ampliando o número de indivíduos expostos ao risco.

Essa condição reforça a necessidade de considerar não apenas a população residente, mas também a população flutuante no planejamento das rotas de fuga e das estratégias de autossalvamento.

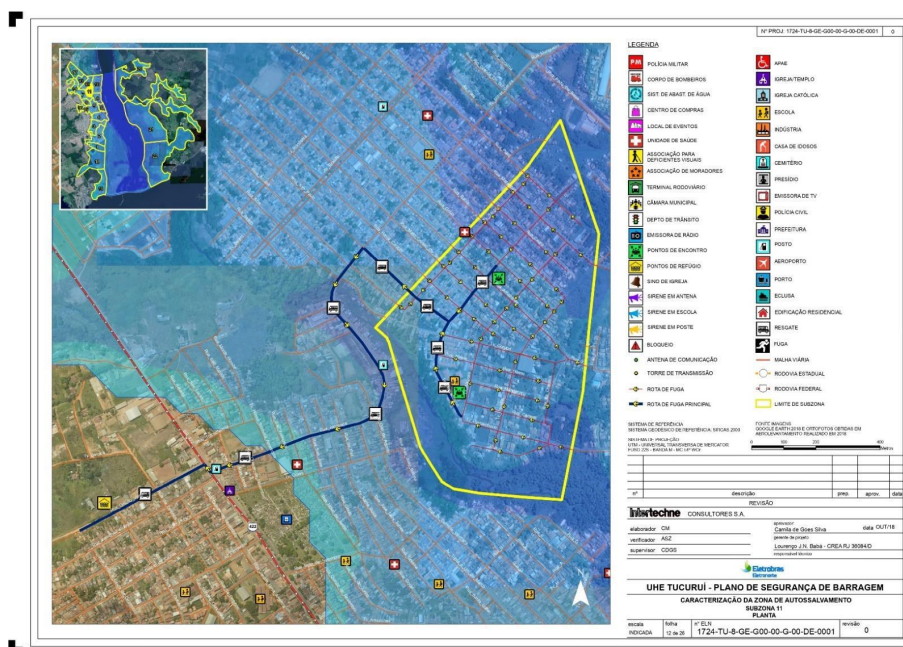
Figura 21: Rotas de fuga dos bairros Mangal, Beira Rio e Sulpan



Fonte: PLANCON (2023).

O bairro Getat apresenta uma situação singular no contexto das rotas de fuga, em razão de sua extensa área territorial e da elevada densidade populacional distribuída de forma heterogênea. O PLANCON propõe múltiplas alternativas de evacuação para diferentes setores do bairro, estratégia que busca reduzir a sobrecarga sobre um único eixo viário. Contudo, a eficácia dessa abordagem depende diretamente da capacidade de distribuição equilibrada dos fluxos populacionais. A presença de PGV's de diferentes portes ao longo do bairro, associada à proximidade com outros bairros igualmente vulneráveis, aumenta a complexidade do processo de evacuação. Em uma situação de emergência, moradores de áreas distintas podem convergir para rotas semelhantes, gerando pontos de conflito e dificultando o controle do deslocamento pela Defesa Civil. Com isto, a figura 22 representa uma das 3 rotas de fuga do PLANCON que estão presentes no Getat.

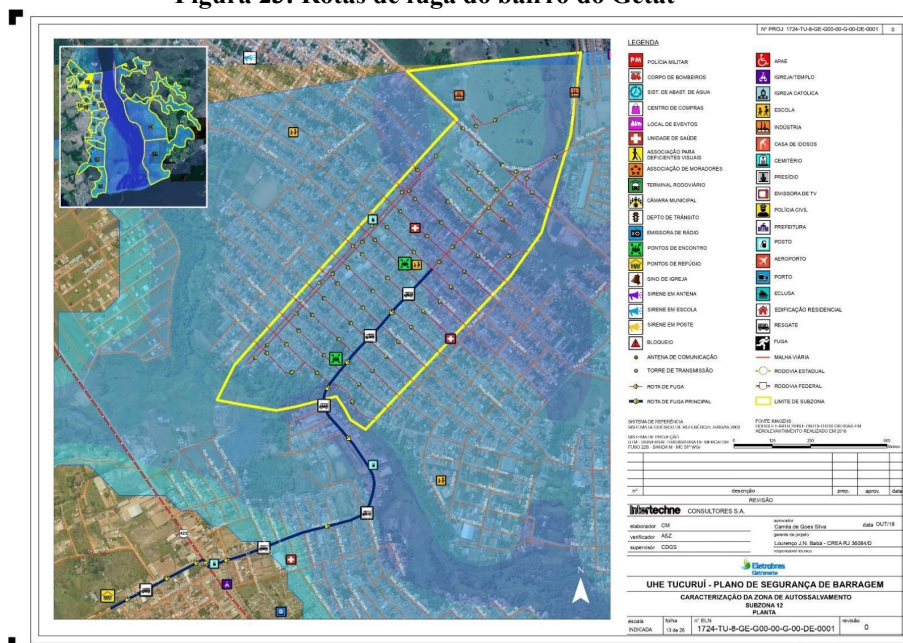
Figura 22: Rotas de fuga do bairro do Getat



Fonte: PLANCON (2023).

Continuando no Getat, só que dessa vez visando uma região mais central do bairro, região esta que abrange quase que integralmente o forte comércio deste bairro que conta com PGM's de todos os portes como o supermercado Supernorte, a empresa de móveis e eletrodomésticos Loja Centro, escolas como a E.M.E.F. Gumerindo Gomes, postos de gasolina como o Posto Laiza, além de possuir as principais vias de acesso ao maior parque expositor da cidade, o parque de exposições EXPOTUC e ademais conta também com a sua própria feira, trata-se da feira Pedro Ribeiro da Silva, como estão dispostos na figura 23.

Figura 23: Rotas de fuga do bairro do Getat

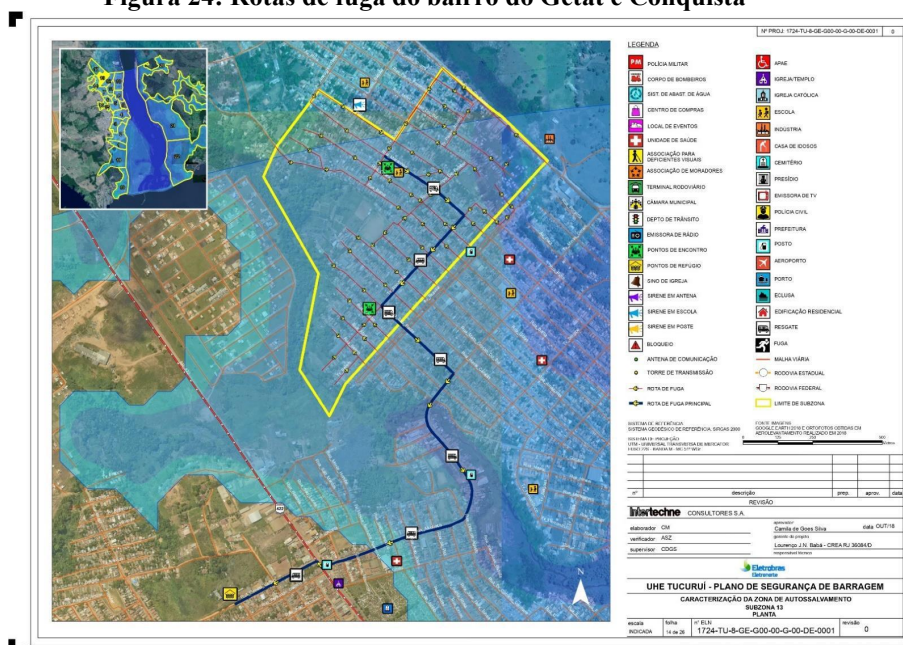


Fonte: PLANCON (2023).

Dessa forma, embora a segmentação das rotas represente um avanço em relação a soluções únicas, a análise integrada do Getat evidencia que a simples multiplicação de trajetos não elimina o risco de saturação viária. Torna-se, portanto, fundamental articular as rotas de fuga com políticas de uso e ocupação do solo, especialmente no que se refere à localização de novos PGV's em áreas já reconhecidas como vulneráveis.

É válido ressaltar que o Getat por tratar-se de um bairro que fica relativamente distante do centro da cidade acaba por sua vez abrangendo muitos PGV's de grande porte como os citados anteriormente para que pessoas que estejam no seu entorno possam fazer deslocamentos menores para acessar estes elementos. A população que reside no bairro da Conquista é um exemplo claro e evidente disto (Figura 24), por isto adotou-se a estratégia de elaborar as rotas de fuga dessa região de maneira que as mesmas fossem integradas com as rotas do bairro do Getat.

Figura 24: Rotas de fuga do bairro do Getat e Conquista



Fonte: PLANCON (2023).

Desta maneira, embora a segmentação das rotas represente um avanço em relação a soluções únicas, a análise integrada do Getat evidencia que a simples multiplicação de trajetos não elimina o risco de saturação viária. Torna-se, portanto, fundamental articular as rotas de fuga com políticas de uso e ocupação do solo, especialmente no que se refere à localização de novos PGV's em áreas já reconhecidas como vulneráveis.

A presença de PGV's também favorece a formação de aglomerações em pontos críticos, como supermercados, praças e terminais informais, locais onde o aumento do pânico coletivo tende a atrasar os procedimentos de evacuação. Além disso, a concentração populacional em áreas de risco compromete diretamente a logística das equipes de resgate, como defesa civil, bombeiros e serviços de saúde, que teriam dificuldades adicionais para acessar e atender a população em tempo hábil.

Outro aspecto relevante é a distribuição desigual dos PGV's pela cidade, que reforça a dependência da população em relação às zonas de risco, uma vez que grande parte dos serviços estratégicos encontra-se localizada nessas áreas. Esse cenário não apenas amplia a vulnerabilidade de moradores locais, mas também expõe a risco aqueles que se deslocam diariamente de outros bairros para acessar os PGV's concentrados na ZAS.

Por tanto, a análise demonstra que a localização atual dos PGV's em Tucuruí constitui um agravante direto da vulnerabilidade urbana frente a desastres tecnológicos. Esse quadro

evidencia a necessidade de repensar o planejamento urbano, de modo a promover a redistribuição dos PGV's para áreas consideradas seguras, reduzindo a pressão sobre a ZAS e favorecendo a criação de novas centralidades urbanas que ampliem a mobilidade, a segurança e a resiliência da cidade.

Observação: As imagens das rotas de fuga utilizadas neste estudo estão disponíveis em anexo ao final do trabalho para melhor visualização.

4.5 Diretrizes para implantação de novos PGV's em Tucuruí-PA

A realidade observada em Tucuruí demonstra que a maior parte dos PGV's encontra-se localizada em áreas vulneráveis, dentro ou próximas da ZAS, o que agrava os riscos em situações de emergência. Nesse contexto, torna-se essencial estabelecer critérios técnicos para orientar a implantação de novos PGV's, de modo a reduzir a dependência da população em relação às áreas de risco e garantir maior segurança às dinâmicas urbanas.

No caso específico de equipamentos de saúde e educação, a localização assume papel estratégico, uma vez que tais serviços concentram diariamente um grande fluxo de pessoas e desempenham funções essenciais em qualquer situação de crise. Para tanto, é necessário que os novos PGV's sejam implantados em áreas classificadas como seguras pelo PAE da Eletronorte, priorizando bairros como Colorado, Cristo Vive, Vivacidade e Santa Mônica, que não apresentam porções inseridas na ZAS. Além da segurança geográfica, devem ser considerados aspectos como acessibilidade, proximidade a eixos viários estruturantes, integração ao transporte coletivo e disponibilidade de infraestrutura urbana básica, incluindo abastecimento de água, energia elétrica e saneamento.

Outro critério fundamental consiste na descentralização dos serviços, evitando a concentração de grandes polos em um único ponto da cidade. Essa estratégia favorece a criação de novas centralidades urbanas, melhora a distribuição territorial da população e contribui para diminuir a pressão sobre as áreas de maior vulnerabilidade. No caso das unidades de saúde, recomenda-se que a rede de atendimento seja dimensionada de acordo com a densidade populacional dos bairros seguros, permitindo uma cobertura eficiente em situações de normalidade e também de emergência. Para os equipamentos de educação, a implantação em áreas seguras deve priorizar tanto escolas de ensino básico quanto instituições

de ensino técnico e superior, garantindo que a formação de novas gerações não dependa de locais situados em zonas de risco.

Nesse sentido, ressalta-se a importância do planejamento integrado, no qual a avaliação e a localização de equipamentos urbanos de suma relevância, como hospitais, escolas e áreas de concentração comercial, sejam criteriosamente direcionadas para zonas fora de risco. Essa medida contribui para ampliar a resiliência urbana, fortalecer a logística de evacuação e garantir que a população tenha acesso contínuo a serviços essenciais em situações emergenciais.

Por fim, destaca-se que as diretrizes propostas devem ser incorporadas ao planejamento urbano de Tucuruí como política pública permanente, em articulação entre o poder municipal, os órgãos de defesa civil e a sociedade. Dessa forma, a implantação de novos PGV's em áreas seguras não apenas reduz a exposição da população aos riscos de rompimento da barragem, mas também favorece a mobilidade, a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável do município.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusões

A análise da distribuição dos polos PGVs no município de Tucuruí evidenciou um cenário expressivo de vulnerabilidade urbana associado ao risco de rompimento da barragem da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. Constatou-se que o processo de expansão urbana ocorreu de forma pouco integrada às diretrizes de gestão de riscos, resultando na concentração significativa de atividades econômicas e serviços essenciais em áreas inseridas na ZAS. Essa configuração afeta diretamente a mobilidade urbana cotidiana e compromete a eficiência das ações de evacuação e de resposta em situações de emergência.

Os resultados obtidos indicaram que 33 dos 41 bairros urbanos do município apresentam algum grau de exposição ao risco, bem como que 297 das 321 empresas cadastradas junto à Associação Comercial e Industrial de Tucuruí encontram-se localizadas em áreas consideradas vulneráveis. Esses dados revelam uma elevada dependência funcional da população em relação a territórios cujo uso e ocupação do solo não são compatíveis com o nível de risco existente, reforçando a necessidade de incorporar de forma sistemática o mapeamento das áreas suscetíveis ao planejamento urbano e às políticas públicas de mobilidade.

A análise qualitativa dos PGVs evidenciou que os empreendimentos mais afetados concentram-se, majoritariamente, nos setores de comércio varejista, serviços essenciais e equipamentos institucionais, com destaque para unidades de saúde, estabelecimentos de ensino, supermercados e centros administrativos. Esses tipos de PGVs apresentam maior criticidade em cenários de emergência devido à elevada concentração de pessoas, à presença de grupos vulneráveis e à dificuldade de interrupção ou relocação imediata de suas atividades. Além disso, sua localização em áreas de risco potencializa conflitos na mobilidade urbana, uma vez que a intensa geração de viagens pode comprometer a fluidez das rotas de fuga e aumentar o tempo de resposta em situações de evacuação.

Diante desse contexto, a reorganização das atividades urbanas em direção a zonas classificadas como seguras configura-se como uma diretriz prioritária para o município. Bairros como Vivacidade, Colorado, Santa Mônica e Cristo Vive apresentam potencial para a implantação de novos PGVs, favorecendo a descentralização dos serviços, a redução da sobrecarga sobre as áreas atualmente expostas ao risco e a consolidação de centralidades

urbanas mais equilibradas. Essa redistribuição tende a contribuir para o fortalecimento da resiliência urbana, para a melhoria das condições de mobilidade e para a ampliação da segurança da população.

Conclui-se, portanto, que a articulação entre planejamento urbano, gestão de riscos e políticas de mobilidade é fundamental para orientar a expansão futura de Tucuruí e mitigar as vulnerabilidades identificadas. A integração entre o zoneamento de risco definido pelo PAE e os processos de licenciamento urbano mostra-se indispensável para a construção de um modelo de desenvolvimento urbano mais seguro, eficiente e socialmente responsável.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

A proposição de trabalhos futuros assume papel fundamental para a continuidade e o aprofundamento das discussões apresentadas nesta pesquisa. Considerando a complexidade da relação entre planejamento urbano, gestão de riscos e mobilidade, novas investigações podem ampliar a compreensão dos impactos territoriais e operacionais associados à implantação e redistribuição dos PGVs. Além disso, estudos complementares possibilitam avaliar a efetividade das diretrizes propostas diante de diferentes cenários de risco e dinâmicas de crescimento urbano.

A ampliação do escopo metodológico e a incorporação de novas variáveis contribuem para análises mais precisas e integradas. Esses aprofundamentos favorecem o aprimoramento das políticas públicas e dos instrumentos de planejamento urbano. Ademais, permitem avaliar com maior detalhamento os efeitos das estratégias de mitigação adotadas. Dessa forma, os trabalhos futuros tornam-se essenciais para subsidiar decisões técnicas mais consistentes. Consequentemente, fortalecem a construção de cidades mais seguras, resilientes e socialmente responsáveis.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que estudos futuros abordem os seguintes aspectos:

- Avaliação dos impactos da redistribuição dos PGVs sobre o sistema viário urbano e o transporte coletivo;
- Simulação de cenários de evacuação considerando tempos de resposta, capacidade das vias e comportamento da população;
- Análise da percepção de risco dos moradores residentes em áreas inseridas na ZAS;

- Estudo dos impactos socioeconômicos decorrentes da realocação de atividades comerciais, institucionais e de serviços essenciais;
- Integração de ferramentas de modelagem espacial e sistemas de informação geográfica para aprimorar o planejamento urbano orientado à gestão de riscos.

REFERÊNCIAS

- ABASCAL, Eunice Helena Sguizzardi; BILBAO, Carlos Abascal. Planejamento integrado, meio ambiente e gestão: as experiências francesa e brasileira de integração pela trama Verde e Azul. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 11, n. 1, p. e21902, 2022. DOI: 10.5585/geas.v11i1.21902. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/21902>. Acesso em: 3 set. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Plano Nacional de Segurança de Barragens*. Brasília: ANEEL, 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/hidrologia/plano-nacional-de-seguranca-de-barragens>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- BRITO, Eliseu Pereira de; SANTOS, Luciano Laurindo dos; SANTOS, Luziane Laurindo dos. Memórias ribeirinhas e hidrelétricas na Amazônia: o caso da barragem de Tucuruí. *Revista Geografia: PUC Goiás*, Goiânia, v. 7, n. 1, p. 33-50, 2024. Disponível em: <https://geopuc.emnuvens.com.br/revista/article/view/111>. Acesso em: 5 set. 2025.
- COSTA, Raíssa de Keller e; SOUZA, Vanessa Taveira de. Cidades brasileiras: entre valores e narrativas do urbanismo. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 13, p. e20200413, 2021.
- CRUZ, Luciana de Oliveira; CAVALCANTE, Maria Madalena de Aguiar; NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do.
- Sismos induzidos pelo reservatório da UHE Tucuruí/PA: uma primeira aproximação ao tema. *Revista GeoConexões*, Natal, v. 5, n. 2, p. 122–136, 2023. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/geoconexoes/article/view/14840>. Acesso em: 7 set. 2025.
- ELETRONORTE. *Plano de Ação de Emergência da UHE Tucuruí*. Volume VI do Plano de Segurança de Barragens. Tucuruí: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A., 2023.
- ELETRONORTE. Eletronorte e autoridades discutem segurança de barragem da UHE Tucuruí. 2025. Disponível em: <https://dol.com.br/carajas/cidades/tucurui/730456/eletronorte-e-autoridades-discutem-seguranca-de-barragem>. Acesso em: 8 set. 2025.
- FAPESPA – FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS. *Perfil e indicadores municipais: Tucuruí*. Belém, 2024. Disponível em: <https://pevpa.fapespa.pa.gov.br/tucurui-2024/>. Acesso em: 8 set. 2025.
- FENZL, Norbert *et al.* Os “Grandes Projetos” e o processo de urbanização da Amazônia brasileira: consequências sociais e transformações territoriais. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 6, e202002, 2020.
- GARCIA, Letícia Clipes. *Interações entre planejamento urbano e gestão de riscos de desastres na bacia hidrográfica do Ribeirão Arrudas*. 2023. Dissertação (Mestrado) – [Instituição não informada], 2023.
- GEDDES, Patrick. *Cidades em evolução*. Campinas: Papirus, 2022.
- GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOMES, Isadora Teixeira. *Evolução da política nacional de segurança de barragens: avanços, desafios, oportunidades e sua aplicação para as barragens de rejeitos de mineração em Minas Gerais*. 2025. [Trabalho acadêmico].

GONÇALVES, L. R.; FERNANDES, M. R.; SOARES, M. M. Gestão de riscos e segurança de barragens: análise dos Planos de Ação de Emergência no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 11, e20190003, 2019. DOI: 10.1590/2175-3369.011.e20190003.

KNEIB, Erika Cristine. *Impacto de polos geradores de tráfego no sistema viário*. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LIMA, L. V. A.; FONTGALLAND, I. L. Mobilidade urbana sustentável para cidades inteligentes. *E-Acadêmica*, v. 3, n. 1, p. e023180, 2022. DOI: 10.52076/eacad-v3i1.80. Disponível em: <https://www.eacademica.org/eacademica/article/view/80>. Acesso em: 5 nov. 2025.

MAPA TOPOGRÁFICO TUCURUÍ. Altitudes e variações altimétricas do município de Tucuruí (PA). 2025. Disponível em: <https://pt-br.topographic-map.com/map-322j18/Tucuru%C3%AD/>. Acesso em: 8 set. 2025.

MBI. *Cidade: Tucuruí-PA*. MBI – Informações Municipais. Disponível em: <https://www.mbi.com.br/mbi/biblioteca/cidade/tucurui-pa-br/>. Acesso em: 25 jun. 2025.

MOOVIT APP. Aplicativo de horários e rotas de ônibus. Disponível em: <https://moovitapp.com/index/pt-br/transporte>. Acesso em: 26 jun. 2025.

NEVES, T. D. A.; RESENDE, S. C. P. Cidades sustentáveis e planejamento urbano integrado: considerações para os planos de mobilidade urbana. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 7, e5727, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n7-113.

RANIERI, Cleriston Levy Wanzeler; COSTA, Laudeci de Abreu; ROSA, Paulo Victor Corrêa. Planejamento ambiental e urbano do bairro Beira Rio, Tucuruí-PA. *Revista REASE*, v. 11, n. 2, p. 45-60, 2025. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/8156>. Acesso em: 5 set. 2025.

SANTOS, Marlon Braga dos. *Análise computacional do rompimento hipotético da barragem de Tucuruí-PA com o auxílio do software MIKE FLOOD*. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

SILVA, Eliane Lima e; SILVA, Mariano Andrade da. Segurança de barragens e os riscos potenciais à saúde pública. *Saúde em Debate*, v. 44, n. esp. 2, p. 242–261, 2020. DOI: 10.1590/0103-11042020E217. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042020E217>. Acesso em: 3 set. 2025.

SILVA, Francisco Júnior Nascimento da. *Análise das ações de resposta ao cenário de rompimento de barragem de Tucuruí no contexto do PAE e PLANCON*. 2024.

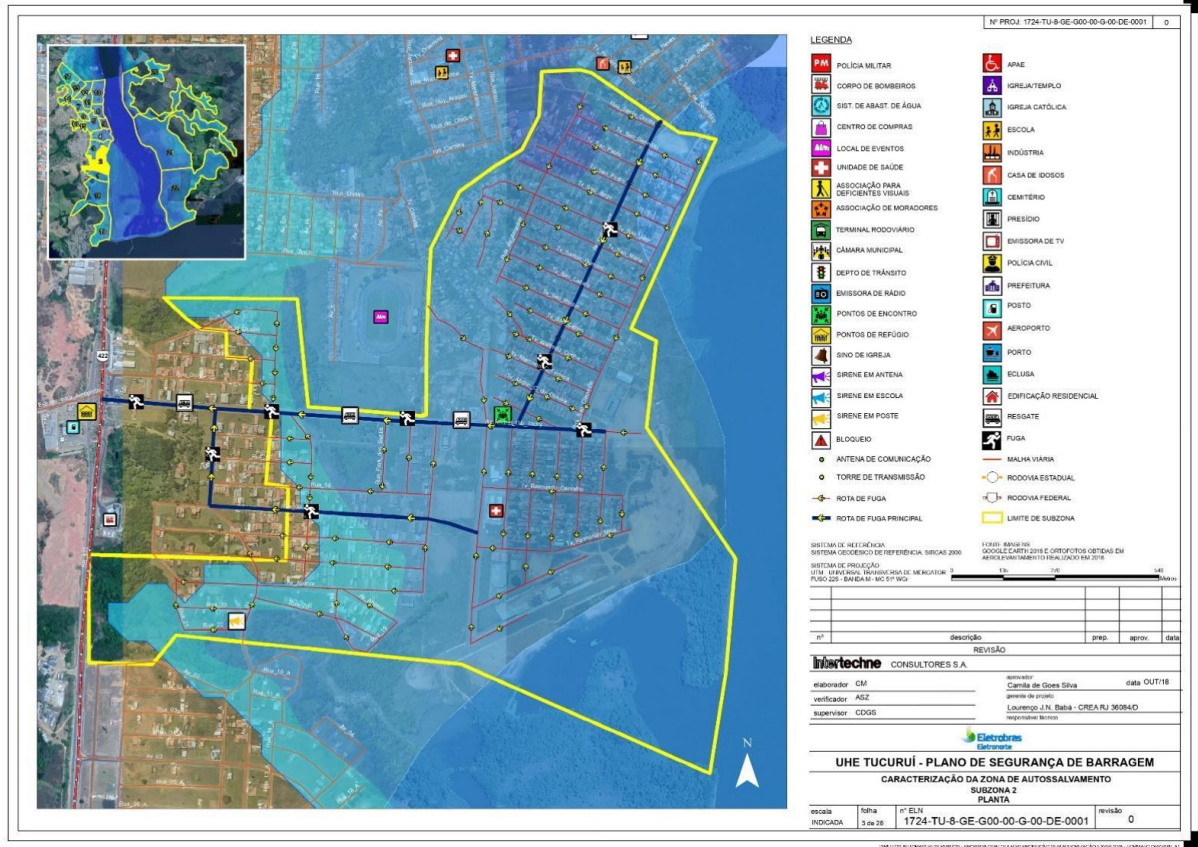
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/17460>. Acesso em: 3 set. 2025.

SILVA, Hugo Noleto da *et al.* *Usina hidrelétrica de Estreito: zona de autossalvamento e as narrativas de moradores frente à segurança da barragem e impactos ambientais*. 2024.

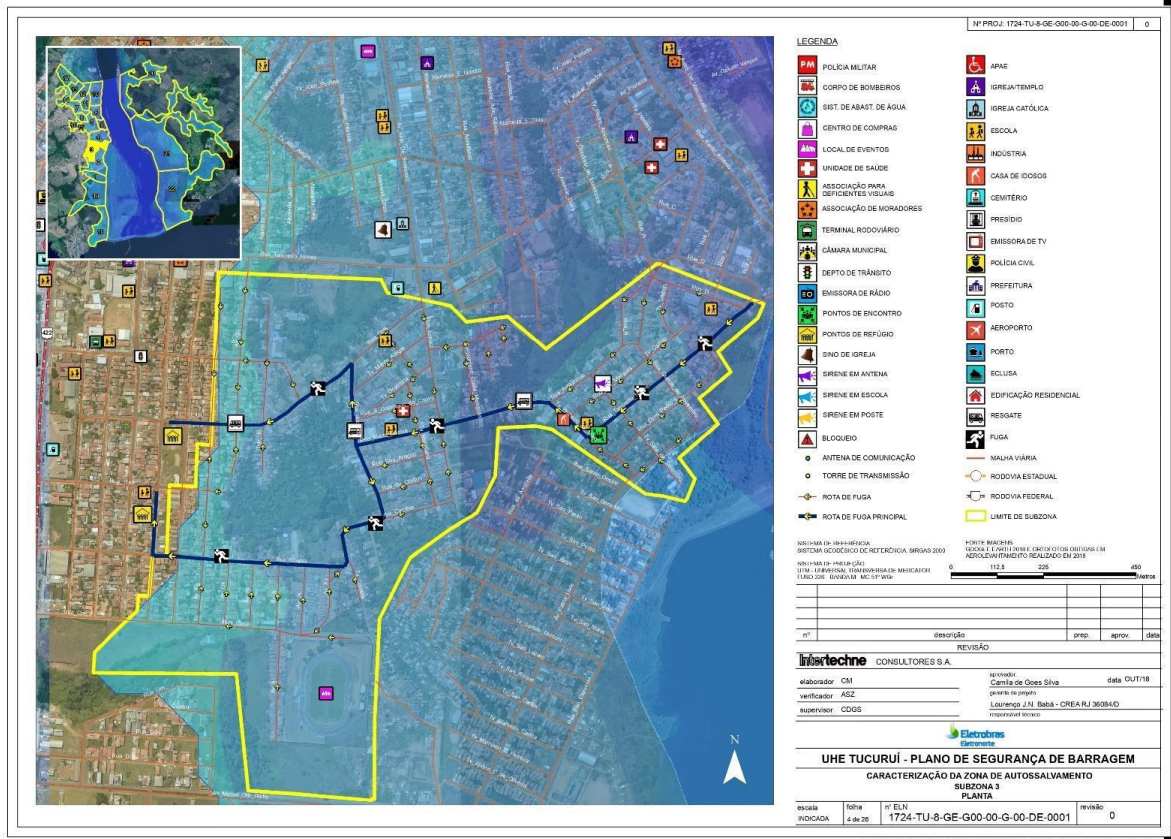
SOUZA, Nilsonclei Borges de; BARROS, Igor Silva de. Cultura, identidade e resistência: entre linhas e traços do grafismo corporal da aldeia Assurini do Trocará em Tucuruí – Pará. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 4, p. 40825-40841, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/28672>. Acesso em: 10 set. 2025.

RODRIGUES, Maria Rita. Planejamento urbano e gestão de riscos de desastres: desafios para a redução da vulnerabilidade socioespacial nas cidades brasileiras. *GeoUERJ*, Rio de Janeiro, n. 37, e48404, 2020. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/48404>. Acesso em: 24 fev. 2026.

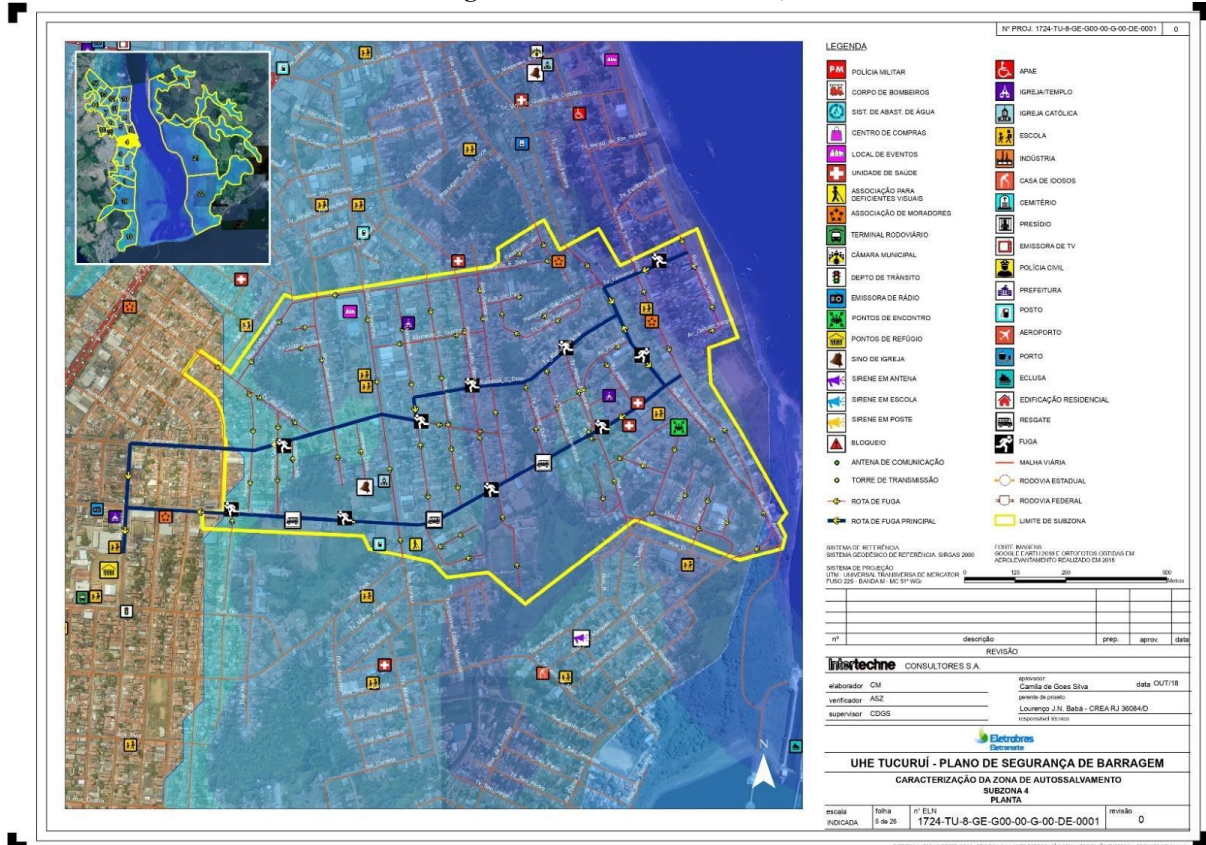
Anexo 1: Rotas de fuga dos bairros nova matinha e liberdade



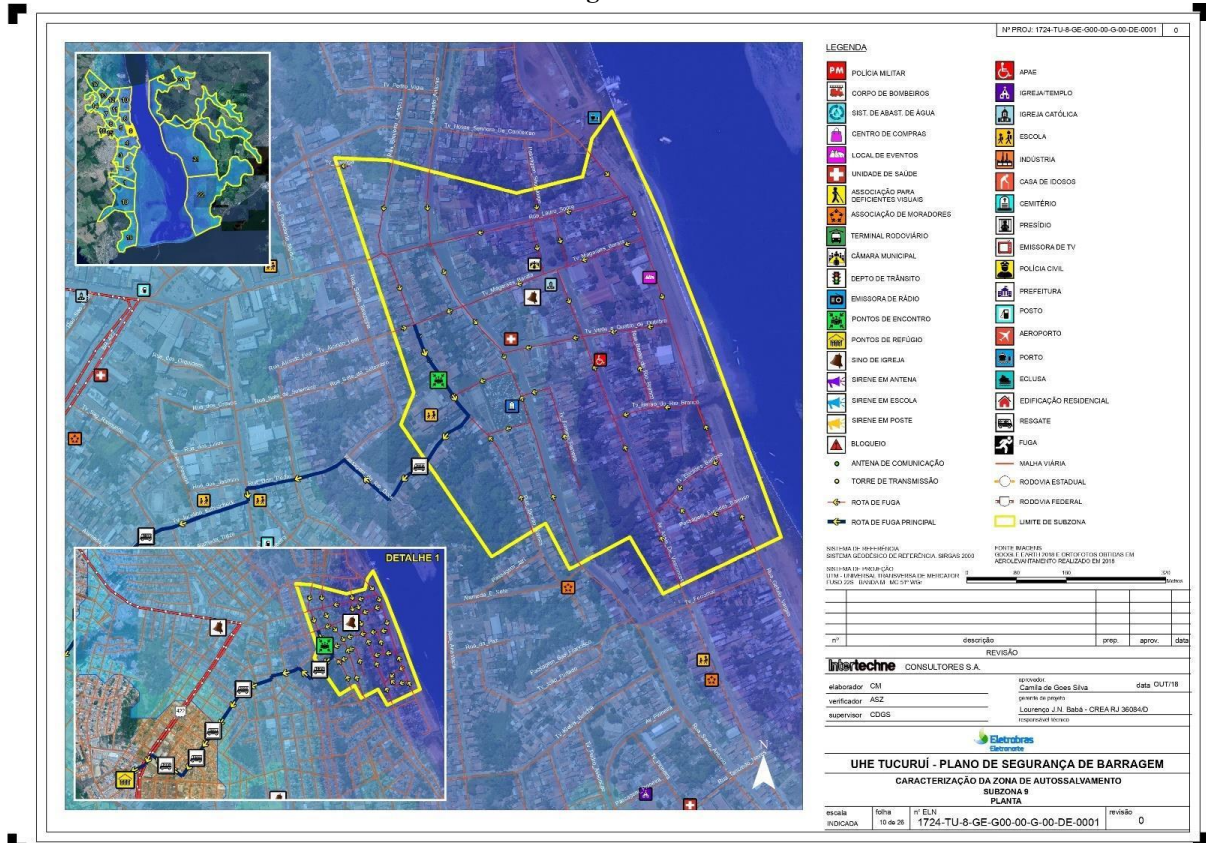
Anexo 2: Rotas de fuga do bairro São Sebastião



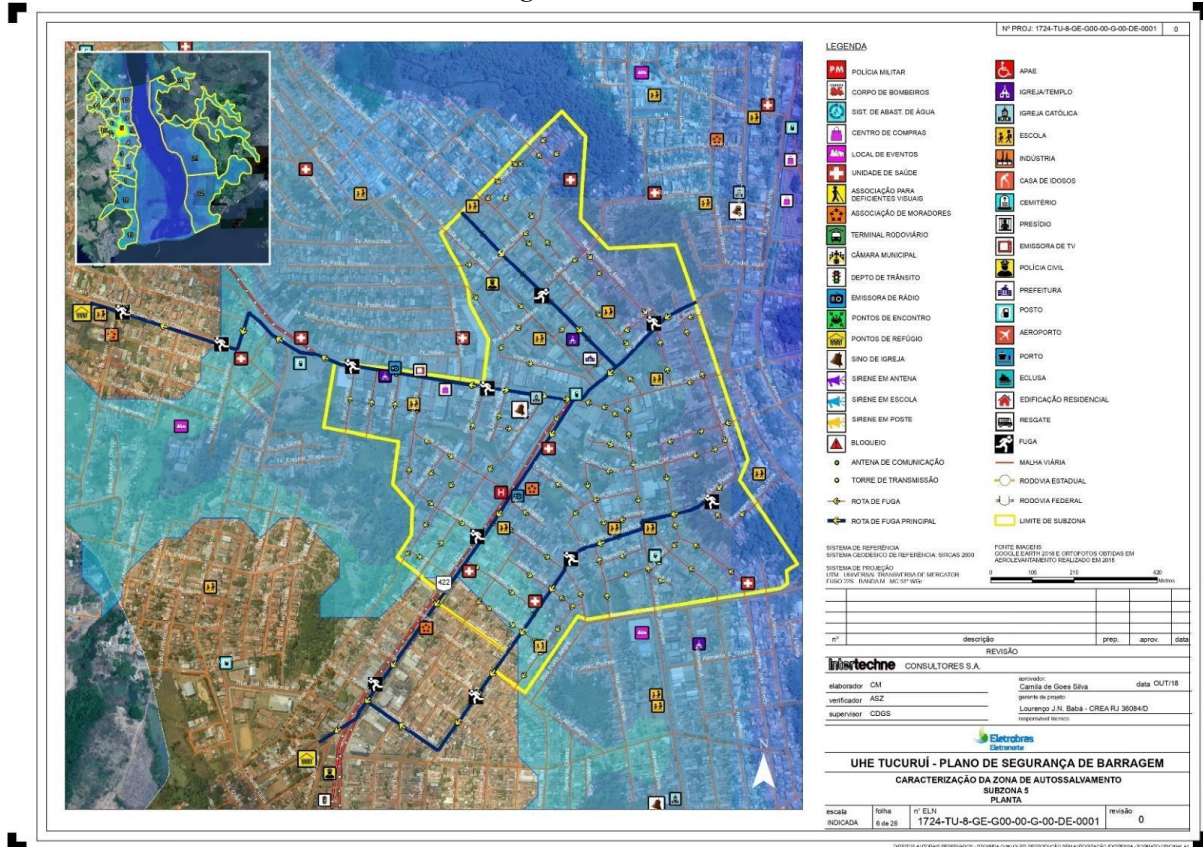
Anexo 3: Rotas de fuga dos bairros Vila Pioneira, Matinha e Belém



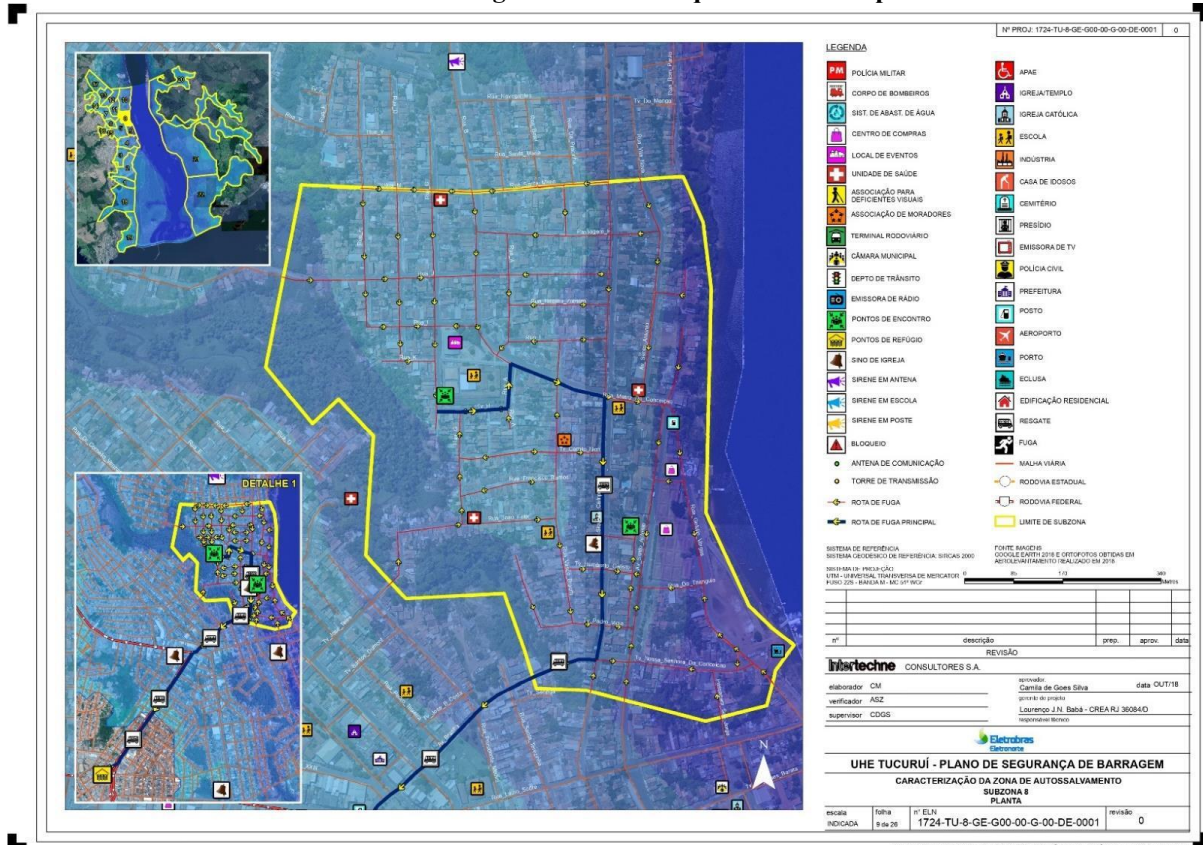
Anexo 4: Rotas de fuga do bairro da Matinha



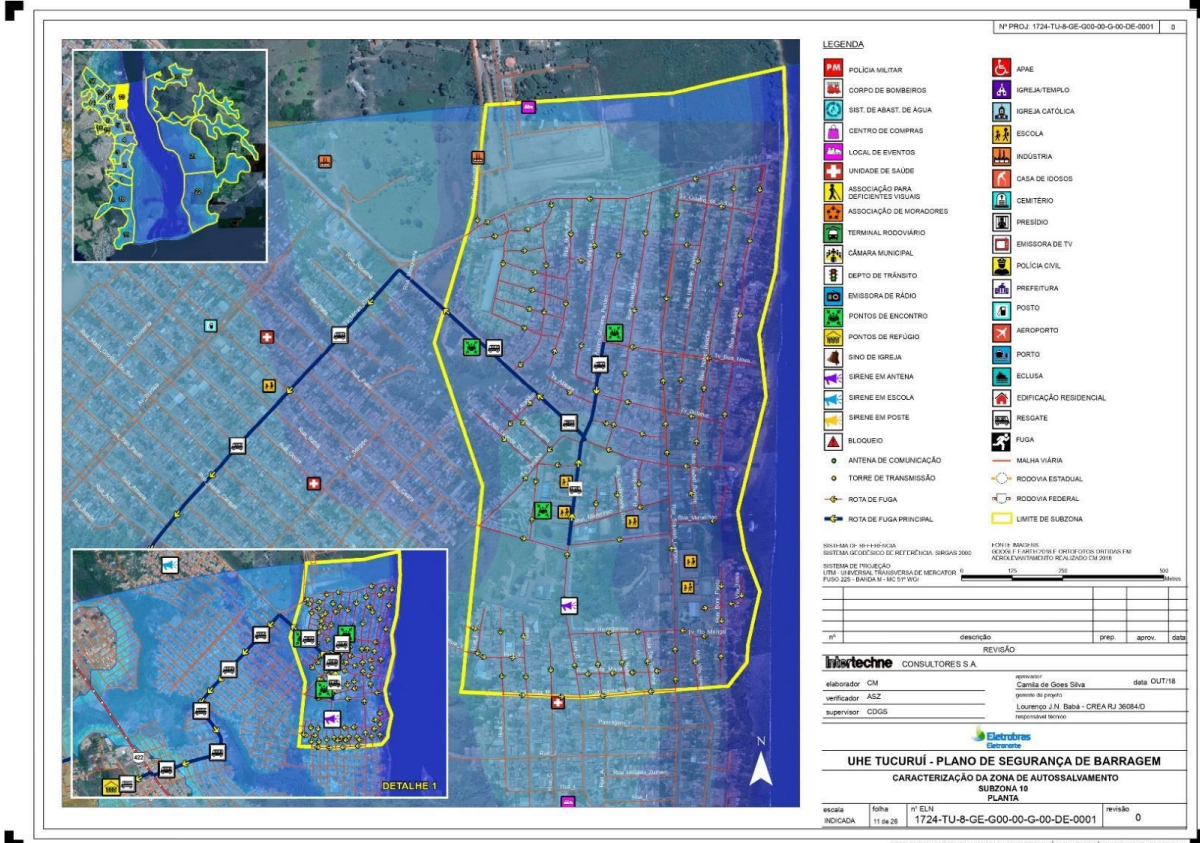
Anexo 5: Rotas de fuga dos bairros do centro de Tucuruí.



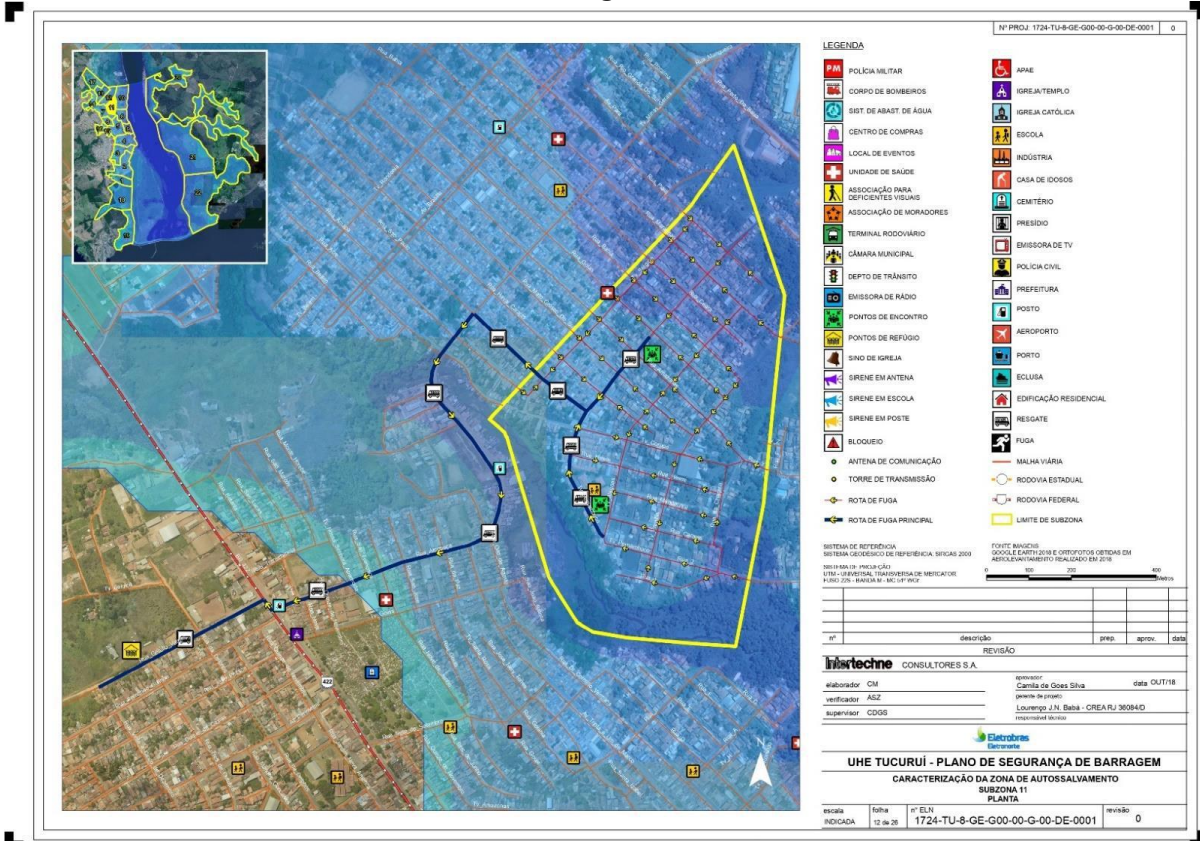
Anexo 6: Rotas de fuga dos bairros Jaqueira e Jardim paraíso



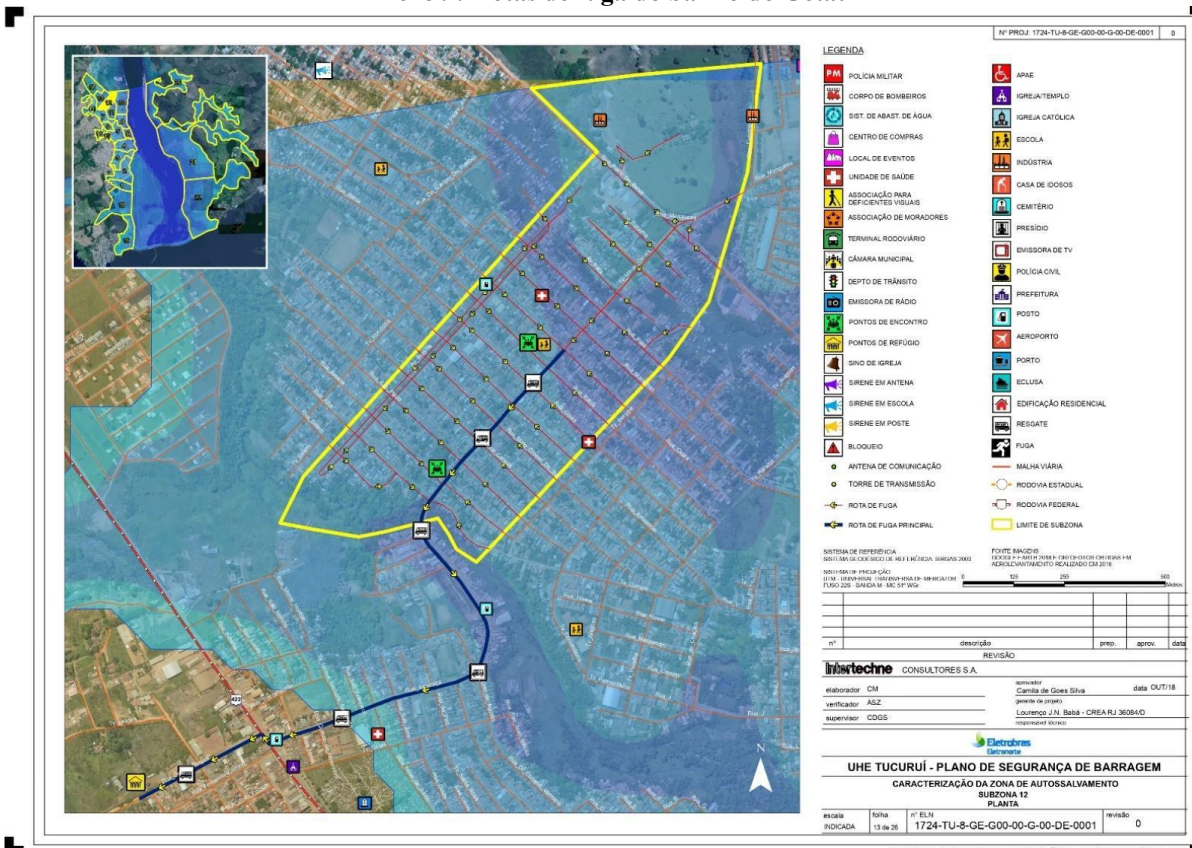
Anexo 7: Rotas de fuga dos bairros Mangal, Beira Rio e Sulpan



Anexo 8: Rotas de fuga do bairro do Getat



Anexo 9: Rotas de fuga do bairro do Getat



Anexo 10: Rotas de fuga do bairro do Getat e Conquista

