

DESAFIOS NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BAIRRO DE DOIS UNIDOS, RECIFE/PE

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.8.25.VIII-009>

Eduardo Antonio Maia Lins, Thales Lemos do Nascimento de Oliveira, Daniella Flávia César de Andrade, Keli Starck, Adriana Palmério Silva

* Instituto Federal de Pernambuco (Campus Recife) – IFPE / Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP / CREA-PE. E-mail: eduardomaialins@gmail.com

RESUMO

Este estudo analisou a gestão de resíduos sólidos urbanos no bairro de Dois Unidos, Recife-PE, com ênfase nos desafios estruturais e operacionais relacionados às condições locais de relevo, densidade populacional e infraestrutura urbana. A metodologia adotada integrou análise espacial com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), considerando variáveis como densidade populacional, geração per capita de resíduos, acessibilidade, tempo médio de deslocamento dos veículos e características topográficas reais. Foram identificados quatro setores distintos, com graus variados de dificuldade operacional, demandando estratégias específicas para otimização das rotas e eficiência na coleta. Os resultados revelaram que o setor com menor altitude apresentou maior eficiência operacional, enquanto setores mais elevados, com relevo acidentado, evidenciaram maior dificuldade logística. O estudo destacou ainda a importância das campanhas educativas para aumentar a adesão à coleta seletiva, além de reforçar a necessidade de investimentos em infraestrutura adequada e uso de tecnologias para aprimorar o gerenciamento operacional, garantindo sustentabilidade ambiental e qualidade de vida para a população.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de resíduos sólidos; Análise espacial; Otimização de rotas; Coleta seletiva; Dois Unidos.

ABSTRACT

This study analyzed the management of urban solid waste in the Dois Unidos neighborhood, Recife-PE, focusing on structural and operational challenges related to local conditions such as terrain, population density, and urban infrastructure. The adopted methodology integrated spatial analysis with Geographic Information Systems (GIS), considering variables such as population density, per capita waste generation, accessibility, average vehicle travel time, and actual topographic characteristics. Four distinct sectors were identified, each presenting different levels of operational difficulty and requiring specific strategies to optimize collection routes and enhance operational efficiency. Results showed that the sector at the lowest altitude had the highest operational efficiency, while higher-altitude sectors with rugged terrain presented greater logistical challenges. The study also emphasized the importance of educational campaigns to increase adherence to selective waste collection, reinforcing the necessity of investing in adequate infrastructure and employing technologies to enhance operational management, ensuring environmental sustainability and improved quality of life for the community.

KEYWORDS: Solid waste management; Spatial analysis; Route optimization; Selective collection; Dois Unidos.

INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos na Região Metropolitana do Recife (RMR) tem sido objeto de estudo devido ao acelerado crescimento urbano e aos desafios ambientais associados. Composta por 14 municípios, a RMR enfrenta complexidades na coleta, tratamento e destinação final dos resíduos gerados por sua população (Recife, 2024). Gama (2020) destaca que a ausência de um planejamento integrado entre os municípios da RMR compromete a eficiência das políticas de manejo de resíduos, resultando em impactos ambientais e sociais significativos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), a população da RMR é de, aproximadamente, 4 milhões de habitantes, resultando em uma geração diária significativa de resíduos sólidos. A gestão adequada desses resíduos é fundamental para prevenir impactos como a contaminação de solos e corpos d'água e para promover a saúde pública e a qualidade de vida da população, conforme apontado por Almeida, Silva e El-Deir (2022).

O Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos, reconhecido pelo Decreto nº 27.045/2013, enfatiza a necessidade de uma abordagem integrada e regionalizada para o manejo desses resíduos. Estratégias como coleta seletiva, reciclagem e

compostagem são fundamentais para reduzir o volume de resíduos destinados a aterros sanitários (Recife, 2013). Lins *et al.* (2021) evidenciam que a implementação de ecopontos e a formalização de cooperativas de catadores têm sido medidas eficazes para otimizar a destinação de resíduos urbanos no Recife. Tavares (2018) e Gama (2020) destacam a importância de diagnósticos precisos e da proposição de soluções baseadas em tecnologias de baixo custo e alta eficiência para a gestão de resíduos. Por exemplo, Gama (2020) analisou a contribuição do setor de resíduos na RMR para as emissões de gases de efeito estufa e modelou cenários de mitigação alinhados à Contribuição Nacional Determinada (NDC), sugerindo políticas que priorizem a valorização de materiais recicláveis e a redução da fração orgânica descartada em aterros.

No entanto, a gestão de resíduos sólidos na RMR enfrenta desafios culturais e sociais. Estudos indicam que a conscientização da população sobre o descarte adequado e a separação dos resíduos na fonte têm sido fatores críticos para a efetividade das estratégias adotadas (Almeida, Silva e El-Deir, 2022; Tavares, 2018). Campanhas educativas e programas de educação ambiental são recomendados para incentivar práticas sustentáveis. A literatura aponta que a colaboração entre governos municipais, instituições de pesquisa, empresas privadas e a sociedade civil é um fator determinante para o sucesso das iniciativas de gestão de resíduos (Lins *et al.*, 2021). O fortalecimento de políticas públicas, a criação de incentivos para práticas sustentáveis e o investimento em infraestrutura são apontados como medidas essenciais para aprimorar a gestão de resíduos sólidos na RMR.

Para a implementação deste estudo, foi escolhido o bairro de Dois Unidos, localizado na cidade do Recife/PE, identificado como uma área com desafios significativos na gestão de resíduos sólidos e na adesão da população às práticas de descarte adequado.

METODOLOGIA

- Localização

O bairro de Dois Unidos está situado na Zona Norte do Recife, integrando a segunda Região Político-Administrativa (RPA 2) da cidade. Localiza-se a aproximadamente 8,7 km do Marco Zero, no centro do Recife. Faz fronteira com os bairros de Beberibe, Linha do Tiro, Nova Descoberta e Passarinho, além de limitar-se com o município de Olinda (Figura 1). A área de Dois Unidos, assim como o bairro de Caixa D'Água, apresenta características semelhantes de relevo, sendo uma região predominantemente de morros e encostas. A variação altimétrica, que atinge até 86 metros, pode impactar diretamente a eficiência do sistema de coleta, influenciando os custos logísticos e operacionais, como consumo de combustível, desgaste de veículos e tempo de deslocamento (Almeida, Silva e El-Deir, 2022). O bairro possui uma topografia variada, com elevações concentradas no setor central e áreas mais baixas distribuídas nas extremidades. Essa configuração geográfica influencia diretamente o planejamento da coleta e da infraestrutura urbana, demandando estratégias específicas para garantir a eficiência do sistema. Dois Unidos possui uma extensão total de 312 hectares e uma população de aproximadamente 32.805 habitantes, com uma densidade demográfica de 105,51 habitantes por hectare.

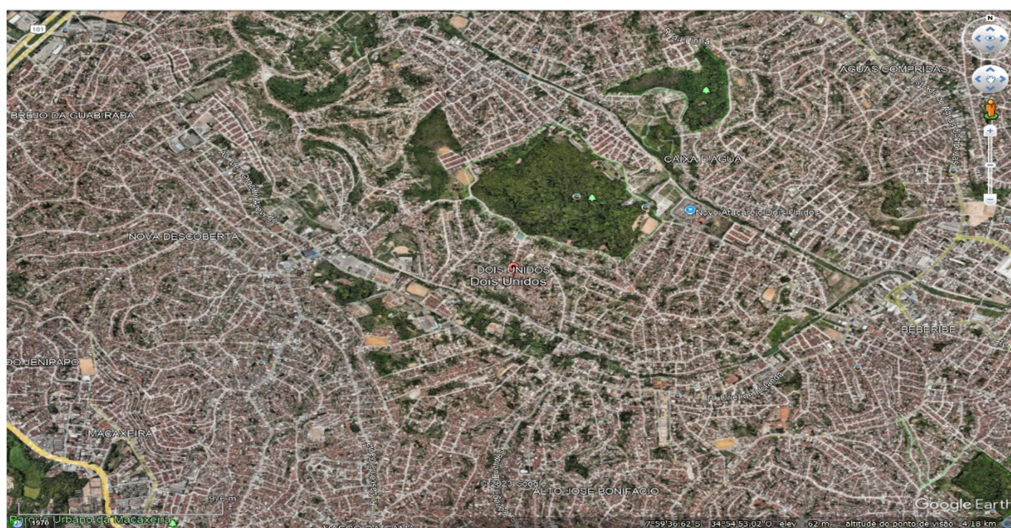


Figura 1: Bairro de Dois Unidos, Recife, PE. Fonte: Google Earth (2025).

- Materiais e Métodos

A metodologia aplicada neste estudo envolveu a coleta e análise de dados topográficos, populacionais e logísticos da microrregião de Dois Unidos, Recife/PE. Inicialmente, foram levantadas informações sobre a distribuição espacial da população e as características geográficas do bairro, incluindo aspectos como acessibilidade viária e presença de áreas de risco geotécnico (RECIFE, 2024).

Com base nesses dados, foram realizados cálculos para modelagem e otimização de rotas de coleta de resíduos sólidos, utilizando metodologias de análise espacial e sistemas de informação geográfica (SIG). Essa abordagem considerou variáveis como densidade populacional, relevo, acessibilidade e tempo médio de deslocamento dos veículos de coleta. Além disso, foram analisados os índices de geração per capita de resíduos na região, fornecendo uma base técnica para o planejamento operacional da coleta e destinação final (Lins *et al.*, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da gestão de resíduos sólidos urbanos no bairro de Dois Unidos revelou significativos desafios estruturais e operacionais que comprometem a eficiência do sistema local de coleta e descarte. A configuração geográfica peculiar da área, marcada por terrenos acidentados, elevada densidade populacional e infraestrutura urbana precária, influencia diretamente a acessibilidade dos veículos responsáveis pela remoção dos resíduos, resultando em uma cobertura inadequada do serviço. Lins *et al.* (2021) ressaltam que sistemas de coleta ineficientes podem ocasionar impactos negativos expressivos sobre a saúde pública e o meio ambiente, reforçando a necessidade urgente de otimização das frotas e reestruturação operacional em Recife.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabelece diretrizes claras para a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos, com prioridade para a logística reversa, a reciclagem e a redução significativa da disposição final em aterros sanitários (BRASIL, 2010). No entanto, conforme apontado por Gama (2020), a implementação efetiva dessas diretrizes na Região Metropolitana do Recife enfrenta desafios relacionados à ausência de infraestrutura adequada para a triagem e reaproveitamento dos resíduos recicláveis, limitando assim a operacionalização da PNRS.

Durante o estudo no bairro de Dois Unidos, foram identificadas deficiências significativas na infraestrutura pública relacionada ao manejo dos resíduos sólidos, baixa adesão dos moradores às práticas de separação na fonte e limitações operacionais em relação à frequência e cobertura da coleta domiciliar. O mapeamento detalhado realizado evidenciou que grande parte das vias secundárias e vielas apresentam restrições físicas para o trânsito de caminhões compactadores convencionais, o que torna necessária a adoção de métodos alternativos, como o uso de veículos menores, triciclos ou carrinhos manuais para o transporte até pontos intermediários de transbordo. Almeida, Silva e El-Deir (2022) ressaltam que esta estratégia já foi adotada com sucesso em outros municípios brasileiros com características topográficas semelhantes, indicando uma possível solução prática para Dois Unidos.

A modelagem espacial e otimização das rotas para a coleta dos resíduos sólidos urbanos em Dois Unidos foram realizadas por meio de metodologias que integraram análise espacial, sistemas de informação geográfica (SIG) e parâmetros operacionais específicos. Foram consideradas variáveis como densidade populacional, relevo, acessibilidade, índice de geração per capita e tempo médio de deslocamento dos veículos. A quantidade diária de resíduos gerados foi calculada multiplicando-se a densidade populacional pelo índice per capita. Posteriormente, ajustou-se o tempo médio de deslocamento em função das condições locais de acessibilidade e relevo. Esse ajuste envolveu fatores multiplicativos conforme o grau de dificuldade: acessibilidade muito baixa implicou aumento de 70%, baixa aumento de 50%, média aumento de 20%, relevo muito acidentado aumento adicional de 40%, relevo acidentado aumento adicional de 30% e relevo moderado aumento adicional de 10%. A eficiência operacional foi determinada pela relação entre a quantidade de resíduos gerados e o tempo ajustado de coleta, expressa em quilogramas por minuto.

Os resultados obtidos, detalhados na Tabela 1 e no mapa da Figura 2, mostraram que o Setor 1 (áreas mais baixas, 19–29 m) apresentou a melhor eficiência operacional, devido à acessibilidade alta e relevo plano. Por outro lado, o Setor 4 (áreas mais elevadas, 61–73 m) exibiu a menor eficiência operacional, resultado das condições topográficas muito acidentadas e baixa acessibilidade, o que demanda maior investimento operacional e o uso de veículos especializados. Setores intermediários, como o Setor 2 (29–45 m) e o Setor 3 (45–61 m), apresentaram eficiências intermediárias, indicando necessidade moderada de ajustes operacionais específicos.

Tabela 1 – Dados técnicos da modelagem e otimização das rotas de coleta de resíduos sólidos urbanos no bairro de Dois Unidos, Recife-PE.

Setor	População	Índice Geração (kg/hab/dia)	Relevo	Tempo Médio (min)	Acessibilidade	Resíduos Diários (kg)	Tempo Ajustado (min)	Eficiência (kg/min)
Setor 1 (19-29 m)	8201.25	0.85	Plano	15	Alta	6971.06	15.0	464.74
Setor 2 (29-45 m)	8201.25	0.85	Moderado	20	Média	6971.06	26.4	264.06
Setor 3 (45-61 m)	8201.25	0.85	Acidentado	25	Baixa	6971.06	48.75	143.0
Setor 4 (61-73 m)	8201.25	0.85	Muito Acidentado	35	Muito Baixa	6971.06	83.3	83.69

Fonte: Os Autores (2025).



Figura 2: Divisão setorial para a coleta de resíduos sólidos urbanos no bairro Dois Unidos (Recife-PE), baseada nas características topográficas. Fonte: Os Autores (2025).

A modelagem espacial e a otimização de rotas para coleta de resíduos sólidos urbanos em bairros com características topográficas e demográficas complexas, como Dois Unidos, são estratégias cada vez mais recomendadas na literatura técnico-científica para elevar a eficiência dos sistemas de limpeza urbana. A integração entre Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e parâmetros operacionais específicos se alinha com os princípios apontados por Silva *et al.* (2021), que destacam a importância da geotecnologia no planejamento de rotas otimizadas com base em critérios como densidade populacional, relevo, e acessibilidade viária.

A consideração do índice de geração per capita e sua multiplicação pela densidade populacional para estimativa da quantidade diária de resíduos está em consonância com as diretrizes metodológicas propostas pela ABRELPE (2023), que reforçam a necessidade de adaptar os cálculos à realidade local para garantir a fidedignidade do diagnóstico. A adaptação do tempo médio de deslocamento conforme variáveis locais — com aplicação de fatores multiplicativos conforme o grau de dificuldade de relevo e acessibilidade — é uma abordagem coerente com o modelo apresentado por Ramos *et al.* (2020), que desenvolveram um sistema de ponderação de tempo para coleta de resíduos em comunidades periféricas com morfologia urbana irregular.

A eficiência operacional expressa em quilogramas por minuto é um indicador relevante que permite avaliar o desempenho logístico da coleta, conforme apontado por Boscov (2008), ao discutir a importância da relação entre volume transportado e tempo investido em áreas com infraestrutura deficitária. O fato de o Setor 1 apresentar a maior eficiência operacional está relacionado à lógica operacional descrita por Lins *et al.* (2024), que mostraram que áreas

planas e de fácil acesso otimizam o tempo de coleta, permitindo maior cobertura com menor consumo de recursos logísticos.

Por outro lado, os desafios enfrentados no Setor 4 confirmam o que autores como Oliveira e Mendes (2022) já indicavam em estudos sobre gestão de resíduos em áreas urbanas com relevo acidentado: a necessidade de uso de veículos menores ou especializados, bem como o aumento no tempo de coleta, impacta diretamente os custos operacionais e a frequência dos serviços.

A análise dos setores intermediários (Setores 2 e 3) evidencia uma condição típica de áreas em transição morfológica, como descrevem Lima *et al.* (2020), onde os ajustes operacionais não precisam ser radicais, mas sim estratégicos, focando na reorganização de rotas e reforço de infraestrutura viária em pontos críticos.

Essa discussão reforça a importância da modelagem espacial como ferramenta de planejamento urbano sustentável, conforme preconizado por autores como Gonçalves *et al.* (2025), que destacam a necessidade de decisões baseadas em dados geoespaciais integrados à realidade operacional, visando a equidade no acesso aos serviços urbanos essenciais, como a coleta de resíduos sólidos.

Outro fator fundamental identificado nesta análise refere-se à percepção da população quanto à importância da gestão adequada dos resíduos sólidos. Estudos realizados por Tavares (2019) e Gama (2020) demonstram que campanhas contínuas de sensibilização e educação ambiental são essenciais para aumentar significativamente a adesão popular à coleta seletiva. Ademais, experiências bem-sucedidas em municípios brasileiros como Curitiba e Florianópolis mostram que a criação de mecanismos de incentivo, incluindo descontos nas tarifas de serviços urbanos para moradores engajados na separação correta dos resíduos, pode ampliar os índices de reciclagem e reduzir o volume de resíduos enviados aos aterros sanitários (TAVARES, 2019; GAMA, 2020).

A irregularidade no cronograma de coleta foi outro aspecto crítico identificado durante a pesquisa. Segundo Silva *et al.* (2024), a falta de previsibilidade e frequência insuficiente do serviço de coleta contribuem diretamente para o surgimento de inúmeros pontos de descarte irregular em ruas e terrenos baldios, elevando a exposição da comunidade local a riscos sanitários e ambientais graves. Os autores ainda recomendam a reorganização urgente das rotas de coleta associada à ampliação da frequência em setores com maior geração de resíduos, reduzindo assim o acúmulo inadequado nas vias públicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise aprofundada da gestão dos resíduos sólidos urbanos no bairro de Dois Unidos demonstrou claramente que os desafios enfrentados são diretamente relacionados à complexidade das condições locais, envolvendo aspectos estruturais, operacionais e sociais. A topografia acidentada e a elevada densidade populacional influenciam negativamente a eficiência dos sistemas convencionais de coleta, resultando em deficiências na cobertura e frequência dos serviços prestados à população.

A aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) encontra barreiras práticas na região, especialmente devido à ausência de infraestrutura adequada para reciclagem e triagem de materiais. Essas limitações reforçam a urgência na implantação de soluções locais, adaptadas à realidade do bairro, incluindo alternativas logísticas como veículos menores, triciclos e pontos intermediários estratégicos de transbordo.

A utilização da análise espacial integrada com metodologias SIG mostrou-se eficaz no suporte ao planejamento operacional das rotas de coleta, oferecendo subsídios técnicos sólidos para decisões práticas. A divisão setorial, considerando variáveis reais como densidade populacional, geração per capita de resíduos, relevo e acessibilidade, permitiu uma visão mais clara sobre as necessidades específicas em cada área analisada. Setores de maior dificuldade operacional (acidentados e com baixa acessibilidade) demandam medidas específicas e urgentes, tais como a utilização de veículos adaptados e ampliação dos pontos estratégicos de coleta.

Além disso, evidenciou-se a importância crítica do engajamento da comunidade por meio de ações contínuas de educação ambiental e incentivos para adesão à coleta seletiva. Campanhas educativas bem-sucedidas em outras cidades brasileiras, conforme relatado por Tavares (2019) e Gama (2020), devem servir como referência para implantação no bairro de Dois Unidos, visando aumentar significativamente a eficiência global do sistema.

Diante de todas essas considerações, conclui-se que a solução integrada desses desafios requer compromisso governamental, inovação tecnológica, investimentos direcionados e participação ativa da comunidade. Apenas com uma gestão operacional alinhada às características específicas do bairro será possível alcançar uma gestão eficiente, sustentável e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos em Dois Unidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2023**. São Paulo: ABRELPE, 2023.
2. ALMEIDA, I. M. S.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: gestão e gerenciamento**. Recife: EDUFPRPE, 2022. 624 p.
3. BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
4. BRASIL. **Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010.
5. GAMA, A. M. C. F. **Estudo das emissões e cenários de mitigação de gases de efeito estufa no setor de resíduos sólidos na região metropolitana do Recife**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, 2020, 171 f.
6. GONÇALVES, W. T. *et al.* Análise técnica da coleta de resíduos sólidos urbanos com uso de geotecnologias. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 94–111, 2025.
7. LIMA, C. F. *et al.* Gestão de resíduos sólidos em áreas urbanas periféricas: um estudo geoespacial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 5, p. 1457–1473, 2020.
8. LINS, Eduardo Antonio Maia *et al.* **Análise e recomendações para a gestão dos resíduos sólidos urbanos no bairro de Caixa da Água, Olinda, Pernambuco**. XIV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2023, Natal/RN, ABRAGEA, 2023.
9. LINS, E. A. M.; AZEVEDO, R. R.; ZARZAR JÚNIOR, F. C.; OLIVEIRA, J. T. R. **Monitoramento do Sistema de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos na Cidade do Recife**. IV Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado, RS, 2021.
10. OLIVEIRA, L. H.; MENDES, R. S. Impactos operacionais da coleta de resíduos sólidos em comunidades com relevo acidentado. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 4, p. 713–722, 2022.
11. RAMOS, D. M. *et al.* Modelagem de rotas de coleta de resíduos sólidos em áreas de difícil acesso utilizando SIG. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. 2, p. 317–332, 2020.
12. RECIFE. **Programa Metropolitano de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/servico/programa-metropolitano-de-residuos-solidos>. Acesso em: 23 dez. 2024.
13. SILVA, T. J. *et al.* Geotecnologias aplicadas à gestão de resíduos sólidos: revisão e perspectivas. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 15, n. 1, p. 59–74, 2021.
14. SILVA, J. P. P.; FERREIRA, D. P.; DANTAS, D.; PESSOA, L. N.; FERREIRA, R. C. Análise ambiental da relação de descartes irregulares de resíduos sólidos no bairro Presidente Costa e Silva, Mossoró, RN. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 102, p. 1-15, 2 dez. 2024.
15. TAVARES, G. S. C. **Contribuição para a sustentabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da região metropolitana do Recife (RMR)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Recife, 2018, 55 f.