

*Walter Fernandes Simbo Manuensa**

O Impacto da Energia Sustentável nas Zonas Urbanas em Moçambique. Estudo comparativo dos casos de Maputo/Matola, Beira e Nampula.

RESUMO

O presente artigo analisa comparativamente a contribuição da energia sustentável para a fiabilidade do abastecimento eléctrico, a resiliência climática e o desenvolvimento socioeconómico em Maputo/Matola, Beira e Nampula. A investigação adopta uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada e carácter exploratório-descritivo, estruturada como estudo comparativo de múltiplos casos e sustentada por revisão bibliográfica e análise documental de políticas, relatórios institucionais e literatura científica. Os três casos foram seleccionados intencionalmente por apresentarem contextos urbanos diferenciados: concentração económica e industrial em Maputo/Matola, elevada exposição a riscos climáticos na Beira e expansão urbana e crescimento da procura em Nampula. Os resultados indicam que a geração renovável distribuída, associada à eficiência energética e ao armazenamento, pode desempenhar funções distintas e complementares nos três contextos, reforçando a flexibilidade do abastecimento e a continuidade de serviços essenciais. Contudo, a adopção é condicionada por custos iniciais, acesso ao financiamento, capacidade técnica, qualidade das instalações, coordenação institucional e previsibilidade regulatória. Conclui-se que as soluções de energia sustentável devem ser ajustadas às características de cada contexto urbano e integradas à modernização da rede, ao planeamento urbano e à gestão de riscos climáticos.

Palavras-chave: Energia sustentável; Geração distribuída; Resiliência climática; Transição energética; Zonas urbanas.

ABSTRACT

This article comparatively analyses the contribution of sustainable energy to electricity supply reliability, climate resilience and socioeconomic development in Maputo/Matola, Beira and Nampula. The study adopts a qualitative, applied and exploratory-descriptive approach, structured as a comparative multiple-case study and supported by a literature review and documentary analysis of policies, institutional reports and scientific literature. The three cases were intentionally selected because they represent distinct urban contexts: economic and industrial concentration in Maputo/Matola, high exposure to climate risks in Beira, and urban expansion and growing demand in Nampula. The results indicate that distributed renewable generation, combined with energy efficiency and storage, can perform distinct and complementary functions across the three contexts, strengthening supply flexibility and the continuity of essential services. However, adoption is constrained by upfront costs, access to finance, technical capacity, installation quality, institutional coordination and regulatory predictability. It is concluded that sustainable energy solutions should be adapted to the characteristics of each urban context and integrated with grid modernization, urban planning and climate-risk management.

Keywords: Climate resilience; Distributed generation; Energy transition; Sustainable energy; Urban areas.

1. Introdução

A energia é uma infra-estrutura estruturante do desenvolvimento urbano. O funcionamento de hospitais, sistemas de abastecimento de água, telecomunicações, comércio, indústria e serviços depende da disponibilidade de electricidade com qualidade e continuidade. Por essa razão, a Agenda 2030 associa o Objectivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) ao acesso universal a energia moderna, fiável e sustentável, enquanto o ODS 11 enfatiza cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (United Nations, 2015). O IPCC (2022) acrescenta que a resiliência das infra-estruturas energéticas é uma dimensão central da adaptação às mudanças climáticas.

Em África Subsaariana, a transição energética ocorre simultaneamente com a expansão da infra-estrutura eléctrica. Essa particularidade diferencia a região de economias onde a principal tarefa consiste em substituir activos fósseis já universalizados. A literatura sobre transições energéticas mostra que a mudança não depende apenas da tecnologia: instituições, financiamento, regulação, competências técnicas e padrões de consumo condicionam a velocidade e a qualidade da transformação (Geels, 2002; Sovacool, 2016; IEA, 2022).

No caso de Moçambique, a discussão é especialmente relevante devido à coexistência de elevado potencial de recursos renováveis, necessidades de expansão e modernização do sistema eléctrico e forte exposição a eventos climáticos extremos. A Estratégia de Transição Energética estabelece uma orientação de longo prazo para diversificação da matriz, modernização das redes e promoção de usos produtivos da energia (MIREME, 2024). Ao mesmo tempo, a experiência de ciclones como Idai e Freddy evidencia que falhas de energia podem produzir efeitos em cascata sobre água, saúde, comunicações e actividade económica (IPCC, 2022; World Bank, 2023).

A pesquisa do tema em causa justifica-se pela centralidade da electricidade no funcionamento das cidades e pela necessidade de compreender a transição energética para além da simples substituição tecnológica. Em contextos urbanos, falhas de abastecimento podem repercutir-se sobre produção, comércio, saúde, abastecimento de água, comunicações, mobilidade e administração pública. Ao mesmo tempo, a expansão de fontes renováveis distribuídas cria novas possibilidades de complementaridade com a rede, desde que acompanhada por eficiência energética, armazenamento, regras técnicas, financiamento e capacidades de operação e manutenção (IEA, 2022; IRENA, 2023).

A relevância científica decorre da comparação de três realidades urbanas contrastantes. O desenho de máxima variação permite observar como uma mesma família de soluções pode assumir prioridades distintas: gestão de procura e auto geração em Maputo/Matola, continuidade de serviços essenciais e resiliência climática na Beira, e articulação entre expansão urbana, reforço da rede e soluções descentralizadas em Nampula.

A comparação não transforma diferenças contextuais em resultados quantitativos; organiza evidências documentais para formular interpretações verificáveis e prioridades de investigação. No plano das políticas públicas, o estudo relaciona a agenda energética com os ODS 7 e 11 e com a Estratégia de Transição Energética de Moçambique. Essa articulação é importante porque a sustentabilidade urbana depende simultaneamente de acesso, qualidade do serviço, capacidade institucional, robustez das infra-estruturas e adaptação climática (United Nations, 2015, 2017; MIREME, 2024). A relevância académica deste artigo reside na comparação de três contextos urbanos moçambicanos com características distintas. No debate energético africano, a expansão do acesso, a modernização das redes e as soluções descentralizadas aparecem como dimensões complementares da transição energética (IEA, 2022; IRENA, 2023). Neste estudo, a atenção recai sobre Maputo/Matola, Beira e Nampula, examinando como geração distribuída, eficiência energética, armazenamento e modernização da rede se relacionam com concentração económica, vulnerabilidade climática e expansão urbana. A delimitação a três casos permite maior precisão analítica e evita generalizar os resultados para todas as cidades do país sem base empírica suficiente.

Maputo/Matola, Beira e Nampula são analisados como contextos urbanos diferenciados quanto à concentração de actividades, exposição climática e expansão urbana. A literatura e os documentos sectoriais mostram que a transição energética exige articulação entre infra-estrutura, regulação, financiamento, capacidade técnica e resiliência (Geels, 2002; Sovacool, 2016; MIREME, 2024). Neste contexto, a geração renovável distribuída, a eficiência energética e o armazenamento são examinados como soluções complementares cuja contribuição depende das condições específicas de cada caso.

A pergunta de orientadora é: De que forma a adopção de soluções de energia sustentável pode contribuir para a fiabilidade do abastecimento eléctrico, a resiliência climática e o desenvolvimento socioeconómico em Maputo/Matola, Beira e Nampula, e quais são as principais

diferenças, oportunidades e barreiras observadas entre os três casos? O objectivo do artigo é analisar comparativamente a contribuição da energia sustentável para a fiabilidade do abastecimento eléctrico, a resiliência climática e o desenvolvimento socioeconómico de Maputo/Matola, Beira e Nampula.

2. Proposições de investigação

Considerando a natureza qualitativa do estudo, utilizam-se proposições analíticas em lugar de hipóteses estatísticas. Cada proposição contém uma única ideia central:

- P1: a contribuição potencial da geração renovável distribuída para a flexibilidade do abastecimento varia conforme as características de cada contexto urbano estudado;
- P2: barreiras financeiras, regulatórias, institucionais e técnicas condicionam de forma diferenciada a adopção de soluções energéticas sustentáveis nos três casos;
- P3: sistemas descentralizados com armazenamento apresentam especial relevância para a continuidade de serviços críticos em contextos de maior exposição a eventos extremos.

3. Revisão da Literatura

3.1. Sustentabilidade urbana e ODS 7

O conceito contemporâneo de sustentabilidade urbana integra desempenho económico, inclusão social, qualidade ambiental e robustez das infra-estruturas. A energia atravessa essas dimensões. O Objectivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) procura assegurar o acesso à energia acessível, fiável, sustentável e moderna para todos, enquanto o Objectivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11) visa tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (United Nations, 2015). A Nova Agenda Urbana reforça a necessidade de infra-estruturas urbanas resilientes e de planeamento integrado (United Nations, 2017). Neste artigo, os ODS 7 e 11 são tratados de forma complementar: energia sustentável como condição para serviços urbanos mais fiáveis e cidades mais resilientes.

A urbanização africana cria um duplo desafio: aumentar a cobertura e, simultaneamente, melhorar qualidade, eficiência e sustentabilidade do sistema. A IEA (2022) salienta que o crescimento da procura africana exigirá expansão de redes, soluções descentralizadas e investimentos substanciais em tecnologias limpas. Portanto, a transição energética urbana não

pode ser reduzida à substituição de uma fonte por outra; ela implica reconfiguração institucional e infra-estrutural.

3.2. Geração distribuída, eficiência e armazenamento

Geração distribuída é a produção de electricidade próxima do local de consumo, por exemplo através de sistemas fotovoltaicos instalados em edifícios residenciais, comerciais, industriais ou públicos. Quando adequadamente dimensionada e integrada, pode reduzir parte da energia retirada da rede durante períodos diurnos, diversificar fontes e criar redundância local (IRENA, 2023). A magnitude do benefício depende, porém, do perfil de carga, capacidade da rede, qualidade dos equipamentos, regras de interligação e operação.

A eficiência energética é complementar à geração renovável. Iluminação eficiente, gestão de cargas, equipamentos de maior rendimento e auditorias energéticas podem reduzir a procura e permitir sistemas fotovoltaicos menores e economicamente mais adequados. O armazenamento acrescenta capacidade de deslocar energia no tempo e, em aplicações críticas, de manter cargas prioritárias durante interrupções. Contudo, baterias elevam o investimento inicial e exigem dimensionamento, protecção, manutenção e gestão do ciclo de vida (IEA, 2022; IRENA, 2023).

3.3. Transição energética e quadro regulatório

As transições energéticas são processos sociotécnicos: tecnologias emergentes interagem com regras, instituições, mercados e práticas estabelecidas (Geels, 2002). A regulação da geração distribuída deve tratar, entre outros aspectos, licenciamento, segurança eléctrica, padrões de interligação, medição, responsabilidades do consumidor-produtor e tratamento de excedentes. A previsibilidade dessas regras reduz incerteza e favorece investimento.

Na África Austral, os países apresentam trajectórias diferentes de liberalização, contratação de produtores independentes e integração de renováveis. Por isso, comparações regionais devem considerar diferenças de estrutura de mercado e legislação. Para Moçambique, a análise deve partir do quadro institucional nacional e dos instrumentos oficiais em vigor, evitando transpor automaticamente mecanismos de outros países.

3.4. Resiliência climática das infra-estruturas urbanas

O IPCC (2022) define a adaptação como processo de ajustamento aos impactos climáticos observados ou esperados. No sector eléctrico, ciclones, cheias, temperaturas extremas e outros perigos podem afectar linhas, postes, subestações, centrais e acessos logísticos. A resiliência requer prevenção, robustez, redundância, capacidade de resposta e recuperação.

Sistemas descentralizados podem contribuir para a redundância, sobretudo quando associados a armazenamento e concebidos para operar cargas críticas. Essa contribuição não significa que a rede centralizada se torne dispensável. Pelo contrário, a literatura recomenda arquitecturas complementares: reforço da rede, geração local, armazenamento, eficiência, protecção física e planos de contingência (IPCC, 2022; IRENA, 2023).

3.5. Energia sustentável, desenvolvimento urbano e justiça energética

A literatura sobre transições energéticas chama atenção para a distribuição dos benefícios, custos e capacidades de participação. Uma transição tecnicamente eficiente pode produzir resultados socialmente desiguais quando tecnologias, crédito, informação e competências ficam concentrados em consumidores com maior capacidade económica. Por isso, a análise urbana deve considerar não apenas quantos sistemas são instalados, mas quem consegue adoptá-los, quem suporta custos de adaptação da rede e como os benefícios da modernização alcançam famílias, pequenas empresas e serviços públicos.

No contexto moçambicano, esta perspectiva recomenda prudência com soluções universais. Edifícios comerciais com consumo diurno, hospitais com cargas críticas, mercados, escolas e bairros em expansão apresentam perfis de procura e restrições diferentes. A política energética urbana deve, portanto, combinar critérios de eficiência, segurança, equidade e resiliência, evitando que a geração distribuída seja tratada como substituta automática do investimento na rede pública.

Geels (2002) demonstra que mudanças sociotécnicas dependem da interacção entre nichos de inovação, regimes estabelecidos e pressões do ambiente mais amplo. Sovacool (2016) acrescenta que a duração e o ritmo das transições variam segundo instituições, infra-estruturas e escolhas políticas. Aplicada aos três casos, essa literatura reforça a necessidade de analisar tecnologia, regulação, financiamento, planeamento urbano e comportamento dos utilizadores de forma integrada.

3.6. Risco, continuidade e infra-estruturas críticas

Uma abordagem orientada ao risco amplia a análise da energia sustentável. Em vez de avaliar apenas produção e custo, pergunta-se quais serviços são críticos, quais falhas são plausíveis, que consequências podem ocorrer e que medidas reduzem vulnerabilidade e tempo de recuperação. O IPCC (2022) enfatiza que infra-estruturas interdependentes podem transmitir impactos entre sectores. Assim, uma interrupção eléctrica pode afectar água, telecomunicações, saúde, armazenamento de alimentos e actividade económica.

Para sistemas descentralizados, resiliência não é sinónimo de autonomia ilimitada. A capacidade de manter cargas prioritárias depende da potência instalada, perfil de consumo, capacidade de armazenamento, estado de carga, arquitectura eléctrica, protecções, manutenção e disponibilidade de peças. Consequentemente, qualquer afirmação sobre horas de autonomia ou redução de interrupções exige dados técnicos específicos. Nesta investigação, a contribuição para resiliência é tratada qualitativamente e como potencial condicionado, não como desempenho medido.

4. Contexto Energético e Urbano em Moçambique

4.1. Sector eléctrico e actores institucionais

O sector eléctrico moçambicano combina geração hidroeléctrica de grande escala, geração térmica e uma participação crescente de projectos renováveis. A Hidroeléctrica de Cahora Bassa permanece um activo central do sistema, enquanto novos projectos solares e outros investimentos contribuem para a diversificação.

A formulação de política cabe ao Ministério dos Recursos Minerais e Energia (MIREME); a regulação é exercida pela Autoridade Reguladora de Energia (ARENE); e a Electricidade de Moçambique (EDM) desempenha funções centrais de transporte, distribuição e comercialização no sistema nacional (MIREME, 2024; EDM, 2024).

A expansão urbana aumenta a importância de investimentos em redes de distribuição, postos de transformação, sistemas de medição e qualidade do serviço. A geração distribuída deve ser analisada como complemento a esse esforço de modernização, e não como substituto universal da rede.

4.2. Estratégia de Transição Energética

A Estratégia de Transição Energética de Moçambique estabelece uma visão de longo prazo orientada para expansão de energias renováveis, modernização do sistema eléctrico, industrialização verde e redução progressiva da intensidade carbónica (MIREME, 2024). Para as cidades, essa orientação cria espaço para projectos de eficiência energética, geração solar em edifícios públicos e privados, mobilidade eléctrica e soluções resilientes para infra-estruturas críticas. A implementação urbana da estratégia exige tradução das metas nacionais em instrumentos operacionais: padrões técnicos, mecanismos de financiamento, critérios para projectos públicos, formação de instaladores e sistemas de monitoria.

4.3. Vulnerabilidade climática urbana

Moçambique é altamente exposto a ciclones tropicais, cheias e outros perigos climáticos. A Beira tornou-se referência internacional após o Ciclone Idai, que afectou severamente infra-estruturas urbanas e serviços essenciais. Esses episódios demonstram que a avaliação de energia sustentável deve incluir não apenas custos e emissões, mas também continuidade operacional e tempo de recuperação (IPCC, 2022; World Bank, 2023).

4.4. Caracterização analítica de Maputo/Matola

Maputo/Matola é tratado como um caso de elevada concentração de actividades administrativas, comerciais, industriais e de serviços. Essa configuração torna relevante investigar soluções de eficiência, gestão de cargas e geração distribuída em coberturas de edifícios, sem presumir que tais soluções eliminem necessidades de reforço da distribuição. A proximidade entre consumo e geração pode ser vantajosa em determinados perfis de carga, mas os efeitos sobre tensão, protecções, fluxos reversos e perdas requerem estudos de rede específicos.

Para este caso, a prioridade analítica é a integração ordenada. Procedimentos de interligação, qualidade dos equipamentos, capacidade de instaladores, medição e mecanismos financeiros influenciam a adopção.

A concentração de consumidores também cria oportunidade para programas agregados de eficiência e para projectos em edifícios públicos, comerciais e industriais, desde que acompanhados por avaliação técnico-económica transparente.

4.5. Caracterização analítica da Beira

A Beira é analisada sobretudo pela relação entre energia e risco climático. A exposição a ciclones, ventos fortes e inundações coloca a continuidade dos serviços essenciais no centro do problema. O Ciclone Idai tornou visível a vulnerabilidade de infra-estruturas urbanas e a possibilidade de efeitos em cascata, razão pela qual soluções energéticas para a cidade devem incorporar critérios de localização, resistência física, redundância, acesso para manutenção e recuperação pós-evento (IPCC, 2022).

Sistemas solares com armazenamento podem integrar estratégias de continuidade para cargas críticas, mas precisam ser concebidos para cenários concretos. A selecção de cargas prioritárias, autonomia pretendida, protecção de equipamentos e planos de operação em emergência são decisões técnicas que não podem ser inferidas apenas da existência de painéis e baterias. O caso da Beira, portanto, evidencia a necessidade de aproximar planeamento energético e gestão do risco de desastres.

4.6. Caracterização analítica de Nampula

Nampula representa, no desenho comparativo, um contexto de expansão urbana e crescimento da procura por serviços e infra-estruturas. A expansão territorial aumenta a importância do planeamento coordenado entre uso do solo, extensão da rede, postos de transformação, eficiência dos edifícios e soluções descentralizadas.

A geração distribuída pode ser complementar, mas não substitui a necessidade de redes dimensionadas, seguras e capazes de acompanhar o crescimento urbano. Neste caso, a capacitação técnica e o planeamento assumem particular importância. A expansão de instalações solares sem padrões de qualidade pode criar riscos eléctricos, reduzir desempenho e dificultar manutenção. Por isso, políticas de formação, certificação, fiscalização e informação ao consumidor devem acompanhar instrumentos de financiamento e expansão de infra-estrutura.

5. Metodologia da Investigação

5.1. Desenho e natureza da pesquisa

A presente investigação adota uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada, recorrendo ao estudo comparativo de múltiplos casos. A unidade de análise é constituída pelos contextos

urbanos de Maputo/Matola, Beira e Nampula. O estudo é sustentado por pesquisa bibliográfica e documental e procura interpretar, de forma comparativa, oportunidades, barreiras e condições de implementação da energia sustentável nos três casos, sem atribuir inferências estatísticas ou representatividade nacional que as fontes disponíveis não permitem sustentar.

5.2. Critérios de selecção das cidades

A selecção de Maputo/Matola, Beira e Nampula é intencional e orientada pelo princípio de máxima variação. Os casos foram escolhidos para representar três situações urbanas contrastantes relevantes à análise: concentração económica e industrial, exposição climática e expansão urbana:

- Maputo/Matola: concentração económica, administrativa, comercial e industrial, com elevada procura de electricidade;
- Beira: cidade costeira com elevada exposição a ciclones e inundações, adequada à análise da relação entre energia e resiliência;
- Nampula: grande centro urbano do Norte, caracterizado por expansão territorial e crescimento da procura de serviços e infra-estruturas.

A comparação é analítica, e não estatística. Os três casos não constituem uma amostra representativa de todas as cidades moçambicanas; servem para examinar como condições urbanas distintas influenciam as oportunidades, barreiras e prioridades da transição energética. Por isso, as conclusões do artigo referem-se directamente aos casos estudados, admitindo apenas inferências analíticas cautelosas para contextos semelhantes.

A recolha de dados baseia-se fundamentalmente em pesquisa bibliográfica e documental. Foram consideradas: (i) literatura científica sobre transição energética, geração distribuída, eficiência energética, armazenamento e resiliência urbana; (ii) documentos oficiais de política, estratégia e enquadramento institucional; e (iii) relatórios institucionais dos sectores energético, climático e de desenvolvimento. Foram privilegiadas fontes com autoria identificável, pertinência temática e relação directa com Moçambique ou com o enquadramento conceptual do estudo.

Os documentos foram submetidos à análise qualitativa de conteúdo (Bardin, 2016) e à comparação sistemática entre os três casos. A informação foi organizada nas categorias: geração renovável distribuída; eficiência energética; armazenamento; fiabilidade e flexibilidade do abastecimento; impactos socioeconómicos; resiliência climática; e barreiras regulatórias,

financeiras, institucionais e técnicas. Para cada categoria, procuraram-se convergências e diferenças entre Maputo/Matola, Beira e Nampula, relacionando-as com os três objectivos específicos e com as proposições de investigação.

A análise foi organizada em etapas explícitas. Primeiro, as fontes foram classificadas por tipo: literatura científica, documentos de política e estratégia, relatórios institucionais e documentos de desenvolvimento. Segundo, foram extraídos conteúdos relacionados às categorias previamente definidas. Terceiro, as evidências foram comparadas entre os casos, distinguindo informação directamente documentada de interpretação dos autores. Quarto, cada conclusão foi confrontada com os objectivos e proposições de investigação. Este procedimento reduz o risco de apresentar inferências como se fossem medições. Afirmações quantitativas só seriam admissíveis se acompanhadas de fonte identificável, período, unidade de medida e método. Como o corpus disponível não fornece uma base primária uniforme para os três casos, o artigo não calcula percentagens próprias de redução de perdas, retorno financeiro, carregamento de transformadores ou duração de autonomia.

A validade analítica é procurada por triangulação conceptual entre literatura académica e documentos institucionais, coerência entre categorias e objectivos e explicitação das limitações. A replicabilidade, neste tipo de pesquisa, significa tornar claro o caminho de selecção, leitura, classificação e comparação das fontes, e não reproduzir uma experiência laboratorial.

5. Apresentação, Análise e Discussão dos Resultados

5.1. Matriz comparativa dos casos

Tabela 1. Casos estudados e sua situação energética

Caso	Característica comparativa dominante	Oportunidade energética	Condições para implementação
Maputo/Matola	Concentração económica, comercial e industrial	Solar em coberturas, eficiência e gestão de carga	Estudos de rede, padrões de interligação, financiamento

Beira	Exposição climática e risco para serviços essenciais	Solar + armazenamento para cargas críticas	Protecção física, autonomia, manutenção e planos de emergência
Nampula	Expansão urbana e crescimento da procura	Geração distribuída complementar e eficiência	Planeamento urbano-energético, reforço de rede e capacitação técnica

Fonte: Autor com base na análise documental (2026).

5.2. Fiabilidade e flexibilidade do abastecimento

A análise comparativa indica que a geração distribuída pode complementar a rede ao produzir electricidade próxima do consumo, mas a função prioritária varia entre os casos. Em Maputo/Matola, a concentração de actividades económicas favorece a análise de auto geração, eficiência e gestão de cargas; na Beira, a continuidade de serviços críticos e a resiliência assumem maior centralidade; em Nampula, a expansão urbana reforça a necessidade de articular geração distribuída, eficiência e reforço da rede. As fontes analisadas não permitem quantificar de forma uniforme a redução de picos, perdas ou interrupções nos três casos; por isso, a comparação permanece qualitativa.

5.3. Impactos socioeconómicos

Nos três casos, a fiabilidade do abastecimento tem implicações económicas e sociais, mas os efeitos assumem ênfases diferentes. Em Maputo/Matola, interrupções podem afectar actividades comerciais e industriais concentradas; na Beira, a continuidade energética relaciona-se também com a capacidade de manter serviços essenciais durante e após eventos extremos; em Nampula, o crescimento urbano amplia a importância de acompanhar a procura com infra-estrutura e soluções complementares. A viabilidade económica da geração distribuída varia conforme investimento,

perfil de consumo, tarifa, manutenção, vida útil e financiamento. Na ausência de uma base empírica uniforme, não são atribuídos valores de retorno financeiro aos casos.

Para investigações quantitativas futuras, a avaliação financeira poderá utilizar indicadores como Valor Actual Líquido (VAL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e período de retorno do investimento (payback), desde que os fluxos de caixa, a taxa de desconto, o investimento inicial, os custos de operação e as economias de energia sejam documentados de forma transparente. Esses indicadores são apresentados apenas como instrumentos metodológicos possíveis e não constituem resultados empíricos deste artigo.

5.4. Resiliência climática e diferenciação dos casos

A comparação evidencia maior centralidade da resiliência climática no caso da Beira, devido à sua exposição a ciclones e inundações. Sistemas solares associados a armazenamento podem contribuir para a continuidade de cargas críticas quando correctamente dimensionados e protegidos. Em Maputo/Matola e Nampula, a resiliência também é relevante, mas a documentação analisada neste artigo destaca, respectivamente, a concentração de procura e a expansão urbana como dimensões comparativas adicionais. O estudo não atribui autonomias horárias ou ganhos técnicos específicos, pois esses valores exigiriam dados de carga, armazenamento, rede e operação que não foram produzidos nesta investigação.

5.5. Barreiras à massificação

Tabela 2. Barreiras e implicações

Categoria	Barreira	Implicação
Financeira	Investimento inicial e custo do capital	Reduz capacidade de adopção por famílias e PME's
Regulatória	Incerteza sobre procedimentos de interligação e tratamento de excedentes	Aumenta risco e tempo de decisão do investidor
Técnica	Qualidade variável de equipamentos e competências de instalação/manutenção	Pode reduzir desempenho e segurança
Institucional	Coordenação insuficiente entre energia, município e gestão de riscos	Dificulta planeamento integrado

Informacional	Escassez de dados urbanos detalhados e séries de desempenho	Limita avaliação económica e técnica reproduzível
---------------	---	---

Fonte: Autor (2026).

5.5.1. Síntese comparativa por dimensão de análise

A comparação revela uma estrutura comum e, simultaneamente, prioridades distintas. A estrutura comum inclui necessidade de rede pública robusta, regras técnicas para geração distribuída, acesso a financiamento, equipamentos de qualidade e competências locais. As prioridades diferem porque o perfil urbano altera a função esperada das tecnologias. Em Maputo/Matola, eficiência e gestão de carga ganham relevo em ambientes de maior concentração económica; na Beira, a continuidade de cargas críticas torna-se central; em Nampula, expansão urbana e planeamento da distribuição ocupam posição de destaque.

Essa diferenciação ajuda a evitar uma conclusão genérica segundo a qual a instalação de sistemas solares produziria os mesmos benefícios em qualquer cidade. A evidência documental permite afirmar que as tecnologias têm potencial de complementaridade, mas a magnitude dos benefícios depende de dados locais que esta pesquisa não mede. Assim, o principal resultado comparativo é a identificação de condições e prioridades, e não a atribuição de rankings numéricos às cidades.

5.5.2. Implicações para política pública e planeamento urbano

As políticas públicas podem beneficiar de uma abordagem diferenciada por tipo de utilizador e criticidade do serviço. Hospitais, sistemas de água e telecomunicações exigem critérios de continuidade e segurança mais rigorosos do que cargas não críticas. Pequenas e médias empresas podem necessitar de instrumentos financeiros adequados ao seu fluxo de caixa. Edifícios públicos podem funcionar como espaços de demonstração de eficiência e geração distribuída, desde que os projectos sejam monitorizados e os resultados publicados.

No plano municipal, energia deve ser integrada a instrumentos de ordenamento territorial, licenciamento de edificações e gestão de risco. A expansão urbana sem coordenação pode elevar custos futuros de extensão e reforço de rede. Por outro lado, planeamento antecipado pode reservar espaços, corredores e requisitos técnicos que facilitem infra-estruturas eléctricas e tecnologias

distribuídas. A Estratégia de Transição Energética oferece orientação nacional, mas a operacionalização urbana requer responsabilidades, padrões e dados locais (MIREME, 2024).

5.5.3. Agenda de evidência quantitativa futura

Uma etapa quantitativa futura deve partir de desenho amostral e indicadores definidos antes da recolha. Para fiabilidade, podem ser considerados duração e frequência de interrupções, qualidade de tensão e energia não fornecida, quando existirem dados acessíveis e comparáveis. Para desempenho de sistemas solares, são necessários potência instalada, produção medida, disponibilidade, degradação e perfil horário de carga. Para análise económica, devem ser documentados investimento inicial, operação e manutenção, tarifa, financiamento, vida útil e taxa de desconto. Em avaliações financeiras, VAL, TIR e payback só devem ser apresentados quando os fluxos de caixa e pressupostos estiverem disponíveis para auditoria. Da mesma forma, comparações de custos entre rede, diesel, solar e armazenamento devem utilizar preços, eficiência, horas de operação e horizonte temporal explicitados. Essa agenda responde directamente à necessidade de fortalecer a base empírica sem reproduzir a falsa precisão criticada na avaliação anterior.

5.6. Discussão à luz das proposições

A análise permite discutir as três proposições no quadro comparativo. A P1 encontra suporte analítico: a geração distribuída pode aumentar a flexibilidade, mas a função e o benefício esperado variam conforme o perfil urbano. A P2 também é sustentada: custos iniciais, financiamento, regulação, coordenação institucional e capacidade técnica condicionam a adopção, embora a importância relativa dessas barreiras possa variar entre os casos. A P3 encontra suporte conceptual sobretudo no caso da Beira, onde a exposição climática torna a continuidade de serviços críticos uma prioridade evidente. Estas conclusões são analíticas e não equivalem a validação estatística.

A principal implicação da comparação é que não existe uma solução urbana única. Maputo/Matola requer atenção à integração da auto geração e eficiência em ambiente de elevada concentração de actividades; a Beira exige forte articulação entre energia e resiliência de serviços críticos; e Nampula requer coordenação entre expansão urbana, reforço da rede, eficiência e geração distribuída. Em todos os casos, padrões técnicos, manutenção, financiamento e coordenação institucional permanecem condições transversais.

5.7. Discussão com a literatura

Os resultados são coerentes com a perspectiva sociotécnica de Geels (2002): a difusão de tecnologias depende da articulação entre inovação, regras e estruturas existentes. Nos três casos, a disponibilidade de recurso solar, por si só, não determina adopção. Financiamento, interligação, qualidade, manutenção e capacidade institucional condicionam a transformação. A leitura também converge com Sovacool (2016), para quem transições energéticas apresentam ritmos e trajectórias condicionados por contextos históricos e institucionais.

A ênfase em complementaridade entre rede e soluções descentralizadas aproxima-se das orientações internacionais que combinam expansão de sistemas eléctricos, eficiência e tecnologias limpas no desenvolvimento africano (IEA, 2022; IRENA, 2023). Já a centralidade atribuída à Beira encontra fundamento na literatura de adaptação e resiliência, que recomenda considerar interdependências entre infra-estruturas e capacidade de recuperação após eventos extremos (IPCC, 2022). Em conjunto, a discussão sustenta uma conclusão moderada: energia sustentável pode contribuir para fiabilidade, resiliência e desenvolvimento, mas não existe evidência nesta pesquisa para quantificar um efeito causal uniforme. A contribuição científica do estudo está em mostrar como o mesmo conjunto tecnológico precisa ser contextualizado em três perfis urbanos diferentes e em explicitar as condições que futuras avaliações empíricas devem medir.

Nos três casos, uma política de dados é transversal: indicadores de qualidade do serviço, procura, desempenho de projectos e custos devem ser recolhidos com definições consistentes. A publicação de dados agregados e metodologias permitiria comparar intervenções, melhorar decisões de investimento e sustentar estudos académicos quantitativos.

6. Conclusões

O estudo analisou comparativamente a contribuição da energia sustentável para a fiabilidade do abastecimento eléctrico, a resiliência climática e o desenvolvimento socioeconómico de Maputo/Matola, Beira e Nampula. A análise bibliográfica e documental indica que geração renovável distribuída, eficiência energética e armazenamento podem complementar a rede pública, mas as prioridades de aplicação diferem conforme as características de cada contexto urbano. Quanto aos objectivos específicos, o primeiro foi respondido pela identificação e comparação de oportunidades: auto geração, eficiência e gestão de carga em Maputo/Matola; continuidade de

serviços críticos e resiliência na Beira; e articulação entre expansão urbana, eficiência, geração distribuída e reforço da rede em Nampula. O segundo foi respondido pela análise das barreiras regulatórias, financeiras, institucionais e técnicas comuns e diferenciadas. O terceiro foi respondido pela formulação de orientações ajustadas aos três contextos estudados.

Conclui-se que a energia sustentável apresenta oportunidades relevantes nos três casos, mas a sua contribuição efectiva depende da adaptação das soluções às condições locais. Os resultados não devem ser generalizados estatisticamente para todas as cidades de Moçambique; constituem uma comparação analítica de três contextos urbanos contrastantes. A produção futura de evidência quantitativa deverá assentar em dados primários verificáveis, medições técnicas, amostras justificadas e modelos financeiros transparentes.

Em correspondência directa com a pergunta de investigação, conclui-se que a adopção de soluções de energia sustentável pode contribuir para a fiabilidade, a resiliência climática e o desenvolvimento socioeconómico quando é integrada à rede e ajustada ao perfil de cada cidade. As principais diferenças identificadas decorrem da concentração económica em Maputo/Matola, da exposição climática na Beira e da expansão urbana em Nampula; as barreiras comuns concentram-se em financiamento, regulação, capacidade técnica, qualidade das instalações, coordenação institucional e disponibilidade de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARDIN, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

EDM - ELECTRICIDADE DE MOÇAMBIQUE (2024). *Relatório Anual*. Maputo: EDM.

GEELS, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, v. 31, n. 8-9, p. 1257-1274.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2022). *Africa Energy Outlook 2022*. Paris: IEA.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.

IRENA - INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (2023). *World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway*. Abu Dhabi: IRENA.

MIREME - MINISTÉRIO DOS RECURSOS MINERAIS E ENERGIA (2024). *Estratégia de Transição Energética de Moçambique*. Maputo: Governo de Moçambique.

SOVACOOOL, B. K. (2016). How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science*, v. 13, p. 202-215.

UNITED NATIONS (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations.

UNITED NATIONS (2017). *New Urban Agenda*. Quito/New York: United Nations.

WORLD BANK (2023). *Mozambique: energy sector and development diagnostics*. Washington, DC: World Bank.

* Doutorando em Riscos Complexos (UDM). Pesquisador de Gestão Energética, Segurança e Riscos Complexos. E-mail: waltermanuensa86@gmail.com.