

PROPOSTAS PARA MELHORIA DO MODELO VERTICAL DE PROJETO ESCOLAR DA SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES DE PERNAMBUCO PELA IMPLANTAÇÃO DE PRINCÍPIOS DO PARADIGMA CIRCULAR

Ceci Moura

Mestre em Gestão Ambiental | IFPE

Arquiteta | GAPE | SEE-PE

Profa. Dra. Rejane de Moraes Rego

Docente Mestrado Profissional em Gestão Ambiental | IFPE

Orientadora

Profa. Dra. Sofia Brandão Rodrigues

Docente Mestrado Profissional em Gestão Ambiental | IFPE

Co - Orientadora

Recife, junho 2025

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – IFPE

Campus Recife

Mestrado Profissional em Gestão Ambiental – MPGA

Elaboração

Severina Ceci de Andrade Moura (Mestranda)

Profa Dra Rejane de Moraes Rego (Orientadora)

Profa Dra Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues (Coorientadora)

Produto resultante da dissertação de mestrado:

“Paradigma Circular em Arquitetura, Engenharia e Construção:
análise do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de
Educação e Esportes de Pernambuco”

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Moura, Ceci

Propostas para melhoria do modelo vertical
de projeto escolar da Secretaria de Educação e
Esportes de Pernambuco pela implantação de
princípios do paradigma circular / Ceci Moura,
Rejane de Moraes Rego, Sofia Brandão Rodrigues. --
1. ed. -- Recife, PE : Ed. dos Autores, 2025.

Bibliografia.

ISBN 978-65-01-49690-0

1. Aprendizagem - Metodologia 2. Educação -
Finalidades e objetivos 3. Educação - Projetos
4. Meio ambiente 5. Sustentabilidade ambiental
I. Rego, Rejane de Moraes. II. Rodrigues, Sofia
Brandão. III. Título.

25-277463

CDD-370

Índices para catálogo sistemático:

1. Projetos educacionais : Planejamento e gestão :
Educação 370

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

AGRADECIMENTOS

A realização da pesquisa de mestrado, que resultou nas propostas ora apresentadas, só foi possível pela colaboração de profissionais e gestores da Secretaria de Educação de Pernambuco que permitiram acesso à documentação de projeto do modelo estudado, assim como a flexibilização de horário de trabalho para realização do curso de pós-graduação *stricto sensus*.

A todos os colegas, profunda gratidão!

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	1
2. O QUE É DESIGN CIRCULAR DE EDIFÍCIOS	2
3. COMO FOI ANALISADO O MODELO VERTICAL DE PROJETO DE ESCOLAR	4
4. PROPOSTAS	6
5. SIMULAÇÃO DE IMPACTO POSITIVO	10
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
7. REFERÊNCIAS	19

1. APRESENTAÇÃO

Esse documento, intitulado "Propostas para Melhoria do Modelo de Projeto Vertical Escolar pela Implantação de Princípios do Paradigma Circular", tem como objetivo apresentar propostas para aprimorar o modelo vertical de projeto da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco (SEE-PE), integrando princípios de design circular.

Serve como um guia prático para arquitetos, engenheiros, gestores escolares e demais interessados em promover a sustentabilidade nas construções educacionais.

O documento instrui sobre o design circular de edifícios, informa sobre as limitações do modelo vertical de projeto escolar em relação à circularidade e orienta sobre propostas viáveis que podem ser implantadas. Para utilizá-lo, recomenda-se uma leitura completa para entender o contexto e as propostas, mas também pode ser consultado pontualmente para informações específicas ou utilizado em discussões em grupo.

A principal função das propostas aqui descritas é promover a sustentabilidade, facilitando a criação de práticas circulares e conectando diferentes partes interessadas, como governo, escolas, profissionais de arquitetura, de engenharia e a comunidade. Ao adotar os princípios do paradigma circular, podemos construir um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

2. O QUE É DESIGN CIRCULAR DE EDIFÍCIOS

O design circular é projeto criativo e inovador que oferece soluções cíclicas e saudáveis em diversas categorias e campos de atividade. Essas soluções não são apenas imprescindíveis, mas viáveis, e podem assumir diversos formatos de acordo com as condições e necessidades locais.

O design circular deve ser aplicado como um método prático de integrar os princípios da economia circular em todas as etapas da projeção. Sendo assim um conceito sistemático deve ser selecionado para debater os principais desafios do mundo atual, perda de biodiversidade e modificações climáticas que realçam nossa desinformação e requerem novos mecanismos de negócios menos exploradores (Fundação Ellen MacArthur, 2022).

O design circular de edifícios insere-se no contexto mais amplo do design e de seus 4 modelos para circularidade, identificado pelo projeto britânico The Great Recovery Project (2013), registrado no relatório Investigating the Role of Design for the Circular Economy. Esses modelos levam a ações complementares para o processo de transição econômica, com enfoque no desenho de produtos e sistemas para uma economia circular:

1. Design para longevidade: prolongar o ciclo de vida do produto, materiais e componentes projetando-os para permanecer em circulação, pela adoção de materiais e componentes duráveis, bem como pela probabilidade de serem consertados ou atualizados (pelos próprios usuários);
2. Design para serviço ou locação: gerar novos modelos de negócios, onde produtos transformam-se em serviços e consumidores em usuários, favorecendo tanto empresas quanto clientes e propiciando a recuperação de peças e materiais;

3. Design para remanufatura ou reutilização: desenvolver o produto preparado para um processo industrial que consiste nas etapas de desmontagem do produto usado, na limpeza de suas peças, na reparação ou substituição de peças danificadas. Ou seja, projetar componentes e materiais que possam ser utilizados em várias séries de produto.

4. Design para recuperação ou reciclagem: projetar com intenção de futuro processo de reciclagem, quando componentes e materiais utilizados não possam mais ser empregados pelos modelos anteriores. A apreciação criteriosa de cada um dos materiais que formam um produto, na fase de elaboração e design, está propriamente vinculada ao sucesso desse procedimento.

Edificações projetadas com essa abordagem são mais eficientes, minimizam desperdícios, promovem reutilização de recursos, em todo seu ciclo de vida. O avanço tecnológico — instrumentos computacionais para a projeção, simulação de comportamento, gêmeo digital, passaporte de materiais, novos materiais e técnicas construtivas, mecanismos de controle e operação, por exemplo — estabeleceu uma mudança paradigmática no design de edifícios que favorece a inserção dos princípios da circularidade.

3. COMO FOI ANALISADO O MODELO VERTICAL DE PROJETO ESCOLAR

O modelo de projeto vertical da SEE-PE foi analisado por meio da *Circular Buildings Toolkit* (CBT) — Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares — que é uma metodologia robusta desenvolvida para guiar profissionais da arquitetura e de construção civil na adoção de princípios da economia circular em edifícios.

Essa ferramenta aborda desde a fase de planejamento até a gestão do fim de vida útil de um edifício, oferecendo um arcabouço estruturado para a aplicação de conceitos circulares (Pomponi; Moncaster, 2017). O método adota uma estrutura conceitual baseada em quatro pilares principais: (1) não construir nada, (2) construir com valor a longo prazo, (3) construir de forma eficiente e (4) construir com os materiais certos (Fundação Ellen MacArthur, 2013).

O principal objetivo da CBT é promover a transição do modelo linear de construção para um modelo circular, visando a preservação de recursos, a redução de resíduos e a melhoria do desempenho ambiental dos edifícios. Alguns dos benefícios proporcionados pela adoção dessa ferramenta incluem o aumento da vida útil dos edifícios por meio da adaptabilidade e desconstrução planejada, a diminuição do consumo de materiais virgens e energia graças à reutilização e reciclagem, a redução da geração de resíduos de construção e demolição, bem como a melhoria da eficiência energética e da sustentabilidade geral dos edifícios (Arup, 2022).

Para desenvolver a análise e avaliação do MVPE construiu-se um quadro no qual foram registradas informações e avaliações com base na documentação de projeto e em visitas técnicas complementares, para cada ação considerada pertinente ao projeto constante nas estratégias da CBT.

Essa sistematização foi feita para as 52 ações presentes na CBT e distribuídas entre as 11 estratégias definidas pela Arup até a realização da pesquisa. Nem todas as ações propostas pela ferramenta têm aplicação ou puderam ser objeto de análise no contexto da prática local em Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Porém, considerou-se que as ações passíveis de analisar o modelo vertical de projeto validaram o emprego da CBT e permitiram a construção de propostas de alteração no modelo para maior inserção no paradigma circular.

4. PROPOSTAS

Para inserir o modelo vertical da SEE-PE no contexto do paradigma circular, é necessário adotar várias modificações, como:

- **Avaliação do Custo Total do Ciclo de Vida:** considerar todos os custos associados, incluindo manutenção e operação, para justificar investimentos em soluções sustentáveis.
- **Escolha de Materiais Eficientes:** selecionar materiais que promovam durabilidade e reduzam custos de manutenção a longo prazo.
- **Implementação de Espaços Multiuso:** criar infraestrutura flexível que possa se adaptar a diferentes necessidades ao longo do tempo, aumentando a funcionalidade dos edifícios.
- **Documentação Detalhada:** manter registros sobre as características dos materiais e criar manuais que facilitem futuras modificações e garantam a sustentabilidade das construções.

A análise do modelo vertical de projeto ofereceu critérios que possibilitaram não só avaliar o projeto como vislumbrar mudanças que podem contribuir para sua inserção no paradigma circular.

Desenvolveram-se ao todo 49 (quarenta e nove) propostas. No entanto, considerando a realidade do MVPE, as que apresentam maior aplicabilidade são aquelas relacionadas à eficiência, adaptabilidade, flexibilidade e durabilidade. Para cada uma dessas 4 categorias dividiram-se as propostas de acordo com a viabilidade temporal de sua implantação e implementação, levando-se em conta o contexto local da prática em AECO, as dificuldades inerentes à gestão pública nacional e estadual, as limitações de conhecimento e domínio de conceitos e ferramentas projetuais atuais para prática do design circular de edifícios.

Essas propostas estão alinhadas aos pensamentos dos autores Sá et al. (2023), Azevedo, Sanches e Pinheiro (2022), Kinguari (2024), Dams et al. (2021), Oliveira, Gonzalez e Kern (2024), Gonsalvez e Ribeiro (2022), Oliveira e Fagundes (2024), Oliveira e Souza (2024), Appel, Punhagui e Rebelato (2024), Moises (2022) e Costa e De Freitas Borges (2024), incorporando o paradigma circular ao design de edifícios.

Descrevem-se a seguir as propostas a serem implantadas para melhoria de eficiência, adaptabilidade, flexibilidade e durabilidade do modelo vertical de projeto escolar:

- **Eficiência**

Curto prazo

1. Especificação de materiais sustentáveis, com menos camadas excessivas.
2. Seleção de materiais adequados, com controle de qualidade e mão de obra especializada.
3. Uso mais sustentável do concreto convencional.

Médio Prazo

1. Adoção de medidas passivas de condicionamento do espaço.
2. Aprimoramento e avaliação de alternativas estruturais eficientes para os materiais empregados.
3. Utilização de sistema estrutural que promova eficiência no uso de materiais e melhor desempenho.

Longo Prazo

1. Avaliação de Custo Total do Ciclo de Vida na concepção do projeto.
2. Priorização de materiais provenientes de fontes renováveis.

Exemplos de imagens para as propostas de eficiência:

- **Adaptabilidade**

Curto prazo

1. Incorporação de conceitos de multiuso na concepção do projeto.
2. Identificação de tipologias de uso compatíveis.
3. Monitoramento constante da demanda de alunos.

Médio Prazo

1. Previsão de infraestrutura flexível.
2. Elaboração de Manual de Adaptabilidade e documentação as-built.
3. Adoção de Produto-como-Serviço.

Longo Prazo

1. Desenvolvimento de Manual de Desmontagem para os componentes do projeto.

- **Flexibilidade**

Curto prazo

1. Inclusão de espaços com usos intensivos.
2. Facilitação de acesso às instalações prediais.
3. Adoção de instalações prediais aparentes.

Médio Prazo

1. Projeto de espaços com configuração flexível.
2. Soluções flexíveis e adaptáveis a diferentes usos no projeto arquitetônico.
3. Priorização de componentes pré-fabricados e desmontáveis.

Longo Prazo

1. Inclusão de estratégias alternativas de mobilidade e integração com transporte público.

- **Durabilidade**

Curto prazo

1. Materiais, produtos e componentes que promovam durabilidade e redução dos custos de manutenção.
2. Documentação detalhada sobre as características e informações dos materiais utilizados.

Médio Prazo

1. Especificação de soluções técnicas para manutenção, substituição e compatibilidade de vida útil do edifício.
2. Documentação de materiais e componentes reutilizáveis.

Longo Prazo

1. Implementação de estratégias de reutilização e reciclagem para minimizar o uso de matérias-primas críticas.

5. SIMULAÇÃO DE IMPACTOS POSITIVOS COM IMPLANTAÇÃO DAS PROPOSTAS

Foi realizada uma avaliação de custos para uma proposta de adaptabilidade para locação de ares-condicionados, com o objetivo de demonstrar a viabilidade financeira de sua implementação no modelo vertical de projeto.

Escolheu-se a proposta de adoção de Produto-como-Serviço e efetuou-se uma comparação entre a aquisição e a locação de ares-condicionados (Tabela 3). A análise considerou o projeto de climatização do MVPE, levando em conta as especificações dos modelos de ar-condicionado tipo split utilizados, bem como os valores dos serviços e equipamentos listados em atas de preços de órgãos públicos de Pernambuco. Além disso, foram incluídos os valores de mercado aplicados na região para o serviço de locação, em substituição à aquisição dos equipamentos, de acordo com as (Tabela 1 e 2).

Tabela 1- Climatização do modelo vertical de projeto com aquisição de equipamentos

EQUIPAMENTO	QUANT.	CAPACIDADE	VALOR DOS EQUIPAMENTOS. (R\$)	VALOR CONTRATO MANUTENÇÃO (R\$/MÊS)	VALOR INSTALAÇÃO (R\$)
SPLIT PAREDE INVERTER	1	9.000 BTUs	1.578,00	250,00	1.728,00
SPLIT PAREDE INVERTER	2	12.000 BTUs	3.390,00	600,00	3.936,00
SPLIT PISO A TETO INVERTER	40	36.000 BTUs	316.000,00	20.000,00	223.680,00
TOTAL GERAL=			R\$ 320.968,00	R\$ 20.850,00	R\$ 229.344,00

Fonte: A autora, 2025

Tabela 2 - Climatização do modelo vertical de projeto para locação de Produto-Como-Serviço

EQUIPAMENTO	QUANT.	CAPACIDADE	VALOR LOCAÇÃO (R\$)	VALOR CONTRATO MANUTENÇÃO (R\$/MÊS)	VALOR INSTALAÇÃO (R\$)
SPLIT PAREDE INVERTER	1	9.000BTUs	R\$157,80	R\$100,00	R\$1.150,00
SPLIT PAREDE INVERTER	2	12.000BTUs	R\$339,00	R\$200,00	R\$2.300,00
SPLIT PISO A TETO INVERTER	40	36.000BTUs	R\$31.600,00	R\$4.000,00	R\$76.000,00
TOTAL GERAL=			R\$ 32.096,80	R\$/MÊS 4.300,00	R\$ 79.450,00

Fonte: A autora, 2025

Tabela 3 - Comparação entre a aquisição e locação da climatização do modelo vertical de projeto

ITEM	AQUISIÇÃO	LOCAÇÃO
CUSTO INICIAL	R\$ 320.968,00	R\$/ANO 385.161,60
CUSTO DE MANUTENÇÃO	R\$/ANO 250.200,00	R\$/ANO 51.600,00
CUSTO DE INSTALAÇÃO	R\$ 229.344,00	R\$ 79.450,00
CUSTO TOTAL NO 1º ANO	R\$ 800.512,00	R\$ 515.050,00

Fonte: A autora, 2025

A locação resulta em uma economia de R\$ 285.462,00 (duzentos e oitenta e cinco mil quatrocentos e sessenta e dois reais) no primeiro ano em comparação com a aquisição. A adoção de Produto-como-Serviço evita o investimento inicial significativo e oferece flexibilidade e suporte contínuo. Essa vantagem pode contribuir para uma gestão mais eficiente e econômica dos recursos públicos, mantendo a operação do sistema sem as interrupções prolongadas para consertos que são recorrentes.

Outra simulação realizada de custos para uma proposta de eficiência referiu-se à instalação do sistema fotovoltaico no modelo vertical de projeto, visando verificar a viabilidade financeira de sua

implantação. Para efetuar essa análise financeira, foram considerados diversos critérios, incluindo uma simulação realizada pela empresa SolarMIX – Energias Renováveis.

A análise levou em conta o projeto de instalação elétrica da Escola de Lagoa de Itaenga, que possui 12 salas e do cálculo de consumo de energia, resultando os seguintes dados:

- Consumo médio mensal de energia: 14.000,00 kWh/mês.
- Consumo médio anual de energia: 168.000,00 kWh/ano.
- Geração média mensal estimada: 14.964,66 kWh/mês.
- Geração média anual estimada: 179.575,88 kWh/ano.

Os equipamentos necessários para instalação do sistema fotovoltaico estão descritos na Figura 1.

Figura 1: Os equipamentos para instalação



	 Módulo Fotovoltaico	 Inversor
Fabricante:	JA - JAM66D45LB - 610W - Bifacial - N-type	SUN2000-40KTL-M3 - 380V - 4 MPPT
Potência:	610 Wp	Fabricante: HUAWEI
Garantia (defeitos):	10 Anos	Potência: 40.000 W
Garantia (eficiência):	25 Anos	Garantia (defeitos): 10 Anos
Quantidade:	192	Monitoramento: Wi-Fi
		Quantidade: 2

Fonte: Dados da SolarMIX (2025).

Foram incluídos na proposta os serviços de: vistoria técnica e projeto elétrico do sistema; anotação da responsabilidade técnica (ART) do projeto e instalação; obtenção das licenças junto à concessionária de energia local; montagem dos módulos fotovoltaicos com estruturas apropriadas para o tipo de telhado/solo; instalação e montagem elétrica do sistema; gestão, supervisão e fiscalização da obra de instalação; frete incluso de todos equipamentos referentes ao sistema; documentação personalizada do projeto fotovoltaico.

Não foram considerados eventuais serviços de alvenaria, reforço estrutural, e/ou alterações na rede de distribuição as quais eventualmente podem ser solicitadas pela concessionária.

A Tabela 4 apresenta a análise financeira que abrange os aspectos econômicos estimados do projeto e da instalação, considerando-se: a economia gerada, os preços, e a viabilidade financeira.

Tabela 4 - Análise financeira com e sem sistema fotovoltaico no modelo de projeto vertical

DESCRIÇÃO	SEM SISTEMA (R\$)	COM SISTEMA (R\$)
CUSTO DA CONTA DE ENERGIA MENSAL	13.765,00	1.116,45
CUSTO ESTIMADO DO 1º ANO	165.180,00	13.397,35
ECONOMIA MÉDIA MENSAL ESTIMADA NO 1º ANO	-	12.648,55
ECONOMIA TOTAL ESTIMADA NO 1º ANO	-	151.782,65

Fonte: Dados da SolarMIX (2025). Elaborado pela autora.¹

A Figura 2 demonstra o ganho em Reais no período do primeiro ano da fatura de energia COM e SEM o sistema. E o Quadro 1 apresenta os dados dos indicadores de viabilidade.

¹ A economia média mensal e a economia total são apresentadas apenas na coluna "Com Sistema", pois representam a economia gerada pela implementação do sistema fotovoltaico.

Figura 2: Primeiro ano da fatura de energia.



Fonte: SolarMIX, 2025

Quadro 1 - Indicadores de viabilidade

DESCRIÇÃO	DADOS
VALOR DO SISTEMA	R\$ 254.654,37
REAJUSTE ANUAL DE ENERGIA	10%
PAYBACK (TEMPO DE RETORNO)	1 anos e 7 meses
ROI (RETORNO SOBRE INVESTIMENTO)	54,66 vezes
TIR (TAXA INTERNA DE RETORNO)	70,83 %
VALOR KWH SISTEMA FV	0,07 R\$/kWh (R\$ 0,91 de economia por kWh)
ECONOMIA TOTAL EM 25 ANOS	R\$ 13.918.570,33

Fonte: Dados da SolarMIX (2025). Elaborado pela autora.

A análise financeira do sistema fotovoltaico para o modelo de projeto vertical revela um investimento viável e lucrativo. Com um valor total de R\$ 254.654,37 (duzentos e cinquenta e quatro mil seiscentos

e cinquenta e quatro reais e trinta e sete centavos), o sistema apresenta um retorno, em apenas 1 ano e 7 meses, indicando rápida recuperação do investimento.

O retorno sobre investimento (ROI) é relevante, alcançando 54,66 vezes, o que significa que para cada real investido, a Secretaria terá um retorno significativo. A taxa interna de retorno (TIR) de 70,83% demonstra que o projeto supera amplamente as taxas de mercado, tornando-o atraente. A economia total projetada em 25 anos é de R\$ 13.918.570,33 (treze milhões novecentos e dezoito mil quinhentos e setenta reais e trinta e três centavos), permitindo que a SEE-PE reinvesta esses recursos em áreas essenciais. As projeções mensais da conta de energia também mostram uma redução significativa nos custos, reforçando a sustentabilidade financeira e ambiental da iniciativa.

Segundo a Empresa SolarMIX — Energias Renováveis, os valores de geração de energia são estimativas médias mensais e anuais, variando conforme as condições meteorológicas e com base em dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB). As projeções de geração, custos e economia consideram o consumo do cliente, a irradiação solar local e uma análise recente de inação energética. O sistema foi desenvolvido para atender ao perfil de consumo e requisitos específicos do cliente, não possuindo partes móveis e exigindo pouca manutenção, com recomendações de limpeza dos módulos a cada 6 meses a 1 ano, especialmente em regiões secas.

Em conclusão a instalação de sistema fotovoltaico para o modelo vertical de projeto apresenta-se como uma excelente oportunidade de investimento, com forte potencial de economia financeira e retorno sobre investimento. Os indicadores de viabilidade demonstram que o projeto é não apenas sustentável, mas também altamente lucrativo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente documento registrou propostas de modificações passíveis de implantação no modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco ao paradigma circular e ao design para circularidade. A pesquisa que resultou nas propostas ora apresentadas analisou os fundamentos do paradigma circular, sua aplicação no design de edifícios, para identificar práticas que promovam a sustentabilidade e a eficiência na construção e operação de instituições educacionais.

As principais constatações resultantes da análise e avaliação foram:

1. Falta de Circularidade: a análise do modelo vertical de projeto escolar (MVPE) revelou que a circularidade é amplamente esquecida nas fases de projeto e construção. Observou-se que apenas algumas ações sustentáveis foram implementadas, muitas vezes de forma parcial e sem um planejamento adequado.

2. Recomendações para Implementação: a pesquisa propôs uma lista de recomendações essenciais para a adoção do paradigma circular e do design para circularidade. Essas recomendações visam mitigar problemas relacionados à sustentabilidade, abrangendo desde a fase de projeto até o fim do ciclo de vida da construção. Exemplos incluem a escolha de materiais sustentáveis, a implementação de sistemas de gestão de resíduos e a promoção de práticas de reutilização e reciclagem.

3. Desafios e Limitações identificados:

- Resistência à Mudança: existe uma resistência significativa à adoção de novas abordagens sustentáveis, devido à cultura consolidada de práticas tradicionais na SEE-PE. Para superar essa barreira, é necessário promover a sensibilização e capacitação dos profissionais envolvidos.

- **Falta de Conhecimento e Expertise:** a equipe de projeto, construtoras e gestores escolares carecem de conhecimento sobre soluções sustentáveis. A oferta de treinamentos e consultorias especializadas é crucial para os profissionais desenvolverem as habilidades necessárias.
- **Impasses Normativos e Regulatórios:** algumas normas e regulamentos não estão alinhados com os princípios do paradigma circular, exigindo um engajamento em processos de revisão e atualização junto aos órgãos competentes.
- **Custos Iniciais Elevados:** há uma percepção de que as soluções circulares são financeiramente onerosas. É fundamental avaliar o custo total do ciclo de vida, considerando os benefícios a longo prazo e buscando fontes de financiamento específicas para projetos sustentáveis.
- **Engajamento da Comunidade:** envolver alunos, professores e funcionários da escola no processo de adoção de soluções circulares é uma tarefa complexa. Atividades educativas, oficinas e campanhas de conscientização são necessárias para estabelecer uma cultura de sustentabilidade dentro da comunidade escolar.
- **Monitoramento e Avaliação:** a complexidade de monitorar e avaliar as edificações é uma dificuldade a ser enfrentada. Investir em alternativas sustentáveis e desenvolver sistemas de monitoramento com indicadores claros e metas de melhoria contínua é essencial para garantir a eficácia das práticas implementadas.

Em suma, a transição do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco para um paradigma circular representa um passo crucial em direção à sustentabilidade e eficiência na construção e operação de instituições educacionais.

As propostas e recomendações apresentadas neste documento visam não apenas mitigar os desafios identificados, mas também fomentar uma mudança cultural que valorize práticas sustentáveis. A superação da resistência à mudança, o investimento em capacitação, a revisão de normas e regulamentos, e o engajamento da comunidade escolar são fundamentais para garantir que as soluções circulares sejam adotadas de forma eficaz. Ao integrar a circularidade no planejamento e

execução de projetos, será possível não apenas atender às demandas contemporâneas por sustentabilidade, mas também criar ambientes educacionais que inspirem e preparem as futuras gerações para um mundo mais responsável e consciente.

7. REFERÊNCIAS

APPEL, Jean Carlos Ravanelli; PUNHAGUI, Katia Regina Garcia; REBELATO, Danielly Letícia. Estratégias para desmaterialização de edificações: uma abordagem exploratória. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 20, p. 1-13, 2024.

ARUP. **Circular Buildings Toolkit**: Decarbonise your project with this step-by-step guide, 2022. Disponível em: <https://ce-toolkit.dhub.arup.com/>. Acessado em 12 out. 2023.

COSTA, Marco Aurélio Pestana; DE FREITAS BORGES, Fernanda. SOLUÇÕES SOCIOAMBIENTAIS AUTOSSUSTENTÁVEIS EMERGENTES: fluxo de valor orientado à Eco-Neokenomics. **Simpósio de Tecnologia Fatec Jaboticabal**, v. 4, n. 1, p. e4111-e4111, 2024.

DAMS, Barrie et al. A circular construction evaluation framework to promote designing for disassembly and adaptability. **Journal of Cleaner Production**, v. 316, p. 128122, 2021.

DE AZEVEDO, J. J. S.; SANCHES, A. E.; PINHEIRO, Érika C. N. M. Técnicas construtivas em gesso acartonado: utilização e viabilidade na construção de salas comerciais estudo de caso em Manaus-AM / Construction techniques in plasterboard: use and feasibility in the construction of commercial rooms case study in Manaus-AM. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 38507–38525, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n5-378. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/48211>. Acesso em: 17 may. 2025.

Ellen MacArthur Foundation. (2020). **Circular Economy: A Wealth of Flows**. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Circular-Economy-A-Wealth-of-Flows.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition**, 2013. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an-accelerated-transition>. Acessado em 07 jul. 2024. (EMF, 2013).

GONÇALVES, Daniel Bertoli; RIBEIRO, Edson. O REUSO DE CONTAINERS MARÍTIMOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL SOB A PERSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, p. 107-119, 2022.

KINGUARI, Distinto Marcos Alberto. **Da Economia Linear à Economia Circular: abordagens e desafios para uma Economia Sustentável no século XXI**. 2023.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, 2023.

MOISES, Jackson et al. A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL E O PAPEL DO ARQUITETO: UMA REVISÃO NARRATIVA. **Revista Mundi Sociais e Humanidades (ISSN: 2525-4774)**, v. 7, n. 2, 2022.

OLIVEIRA, Eduardo Alves; FAGUNDES, Fabiano. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONSTRUÇÃO MODULAR E CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 7, n. 1, 2024.

OLIVEIRA, Jordana de; GONZALEZ, Marco Aurelio Stumpf; KERN, Andrea Parisi. Análise do projeto para desmontagem e desconstrução como ferramenta da economia circular da construção civil. **Ambiente Construído**, v. 24, p. e133051, 2024.

OLIVEIRA, patrick peres; DE SOUZA, guilherme torres. INOVAÇÕES E TENDÊNCIAS DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: uma revisão bibliográfica. **REMUNOM**, v. 12, n. 3, p. 1-17, 2024.

POMPONI, Francesco; MONCASTER, Alice. Circular economy for the built environment: A research framework. **Journal of cleaner production**, v. 143, p. 710-718, 2017.

SÁ, Clayton Pereira *et al.* Cidades inteligentes e economia circular: perspectivas para o desenvolvimento urbano sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 1, p. 1-20. 2023.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES DE PERNAMBUCO. Disponível em: <https://portal.educacao.pe.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

THE GREAT RECOVERY - **Redesigning The Future. Investigating the role of design in the circular economy** - Report 01. Inglaterra, RSA Innovate UK, Inglaterra, 2013. Disponível em: <http://www.greatrecovery.org.uk/resources/the-great-recovery-report/>. Acessado em 15 ago. 2023.