

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE

**TRAJETÓRIAS E INDICADORES DE PLANEJAMENTO URBANO SUSTENTÁVEL PARA O
OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS NO ÂMBITO DO PROJETO
CITINOVA**

**RELATÓRIO E PLANILHA CONTENDO RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO
OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS A PARTIR DOS SEMINÁRIOS
REGIONAIS REALIZADOS PARA AS REGIÕES CENTRO-OESTE E NORDESTE**

DEZEMBRO/2022

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	3
BREVE DESCRIÇÃO DO PROJETO CITINOVA.....	3
1. METODOLOGIA DE RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS	4
1.1. PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	4
1.2. RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO.....	7
2. SOLUÇÕES DO OICS PRIORIZADAS NAS OFICINAS REGIONAIS	9
2.1. PONDERAÇÃO DE CRITÉRIOS E INDICADORES.....	9
2.2. RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO.....	11
3. PROPOSTA DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS	19
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	22
ANEXOS	23
ANEXO I - PLANILHA COM OS DADOS DE PONDERAÇÃO, RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS PARA AS REGIÕES CENTRO-OESTE E NORDESTE	23

INTRODUÇÃO

Breve Descrição do Projeto CITInova

O projeto “Promovendo Cidades Sustentáveis no Brasil através de Planejamento Urbano Integrado e do Investimento em Tecnologias Inovadoras (CITInova)” tem como principal objetivo a promoção do planejamento e investimento integrados e sustentáveis nas cidades do Brasil. Ademais, visa auxiliar gestores públicos e a sociedade civil a promover cidades mais justas e sustentáveis, atuando em três frentes (CITInova, 2022):

- Produção de conhecimento e novas ferramentas de gestão para o planejamento urbano integrado;
- Investimento em novas tecnologias, através de projetos pilotos em Brasília e Recife; e
- Desenvolvimento de plataformas virtuais que apoiem e promovam a gestão pública integrada e sustentável, o Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis (OICS) e a Plataforma do Programa de Cidades Sustentáveis (PCS).

O CITInova é um projeto multilateral com duração de cinco anos, de 2018 a 2023, realizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) com financiamento do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, na sigla em inglês), implementado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e executado em parceria com Agência Recife para Inovação e Estratégia (Aries) e Porto Digital, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Programa Cidades Sustentáveis (PCS) e Secretaria do Meio Ambiente do Distrito Federal (Sema/GDF) (CITInova, 2022). Neste contexto, o projeto auxilia as cidades na implementação da Nova Agenda Urbana e da Agenda 2030 em nível local, incentivando a adoção de novas tecnologias e desenvolvendo novas ferramentas analíticas de gestão urbana integrada.

No que tange à estrutura do produto, além desta breve introdução, a primeira seção apresenta a metodologia empregada para sistematização das respostas dos atores convidados a contribuir na forma da atribuição de pesos para os critérios considerados e para ranqueamento das soluções conforme tais pesos. A seção 2 mostra os resultados obtidos do ranqueamento com base nos resultados de ponderação das oficinas realizadas, enquanto a seção 3 traz uma sugestão para automatização futura do procedimento adotado visando o uso direto da ferramenta por gestores municipais. Por fim, a seção 4 traz as considerações finais do trabalho, contemplando possibilidades de aprimoramento da metodologia multicritério a partir de uma breve discussão sobre as principais limitações da ferramenta empregada.

1. METODOLOGIA DE RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS

Diante de um amplo conjunto de possibilidades, a decisão sobre quais soluções do OICS devem ser adotadas no contexto de um município é um problema complexo e multifacetado, que deve levar em consideração as condições e prioridades locais. Assim sendo, para auxiliar essa tomada de decisão, propôs-se uma ferramenta de análise multicritério, na qual cada solução é qualificada em um conjunto pré-definido de critérios representativos dos principais tipos de impactos e cobenefícios esperados de sua adoção, ao passo que os gestores municipais são convidados a ponderar os critérios de acordo com sua percepção de importância relativa dadas as prioridades locais. Juntando-se a pontuação de cada solução com os pesos de cada critério, obtém-se um valor final único por solução, que suscita a formulação de rankings para hierarquização das soluções urbanas com melhor desempenho nos critérios apontados como mais relevantes para a cidade.

Dentre os diferentes tipos de ferramentas de análise multicritério existentes, destaca-se a metodologia denominada *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Nesta, o problema é decomposto em uma estrutura hierárquica, em que o nível primário consiste no objeto da tomada decisória, seguido por níveis de critérios e subcritérios (ora denominados indicadores), até chegar ao nível das alternativas.

Assim, as etapas analíticas que compõe o método AHP são: (i) definição do objetivo final, critérios e indicadores de impacto das soluções; (ii) pontuação das soluções; (iii) ponderação de critérios e indicadores; e (iv) ranqueamento e priorização de soluções.

1.1. Ponderação dos critérios

A ponderação faz menção à atribuição de pesos aos critérios relacionados à estrutura decisória de critérios e indicadores de desempenho definida para a ferramenta AHP (**Figura 1**). Sob essa estrutura, os decisores devem julgar de forma racional e intuitiva a importância relativa entre os critérios dentro de um mesmo nível hierárquico, na forma de comparações par-a-par. Para tanto, foram convidados a contribuir atores relevantes para a gestão municipal de Recife e Brasília, por ocasião das oficinas temáticas do projeto para aplicação-piloto da metodologia nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, respectivamente (Fundação COPPETEC, 2022a).

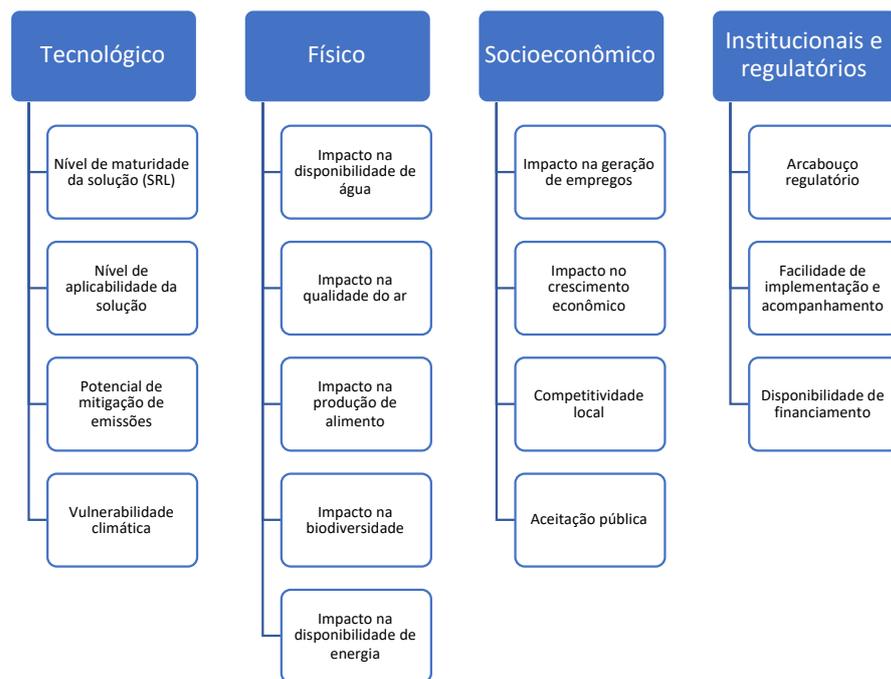


Figura 1. Estruturação hierárquica dos critérios e indicadores da ferramenta AHP.

Fonte: Elaboração própria.

As contribuições dos atores foram recolhidas em formulários online elaborados na plataforma Google Forms (Fundação COPPETEC, 2022c), nos quais a pergunta-base para comparação par-a-par segue a seguinte estrutura: *“Em sua opinião, para o objetivo de priorizar soluções que promovam o planejamento urbano integrado sustentável, o ‘Item A’, em relação aos demais itens listados, é:”*. As respostas presentes nos formulários seguiram o modelo de múltipla-escolha, conforme a estrutura apresentada no **Quadro 1**.

Quadro 1. Estrutura geral de ponderação de critérios indicadores

Itens	Muito menos importante (1)	Menos importante (2)	Igualmente importante (3)	Mais importante (4)	Muito mais importante (5)
“Item B”	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
“Item C”	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
“Item D”	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: Elaboração própria.

As perguntas foram feitas em cinco rodadas: quatro para avaliação dos indicadores quanto aos respectivos critérios (tecnológico e climático, físico, socioeconômico e regulatório e institucional) e uma para avaliação dos critérios quanto ao objetivo final. Em seguida, as respostas foram compiladas

em cinco matrizes comparativas, uma para cada rodada. Posteriormente, as diversas matrizes individuais foram agregadas de acordo com seus valores médios, gerando as cinco matrizes de comparação finais respectivas a cada rodada (Anexo I).

Na matriz de comparação, as linhas e as colunas representam os critérios analisados, e as células de interseção (a_{ij}) são preenchidas com o valor de importância atribuído ao critério da linha em relação ao critério da coluna, de 1 a 5. Assim, as células diagonais recebem o valor de escala neutra (uma vez que um critério é tão importante quanto ele mesmo), e as células restantes recebem o valor recíproco das previamente preenchidas ($a_{ij} = 1/a_{ji}$), conforme ilustrado na **Tabela 1**.

Tabela 1. Matriz genérica de julgamento de pares.

	C₁	C₂	...	C_n
C₁	1	a_{12}	...	a_{1n}
C₂	$1/a_{12}$	1	...	a_{2n}
...	1	...
C_n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$...	1

Fonte: Elaboração própria.

O passo subsequente da metodologia consiste em obter o vetor de prioridades, ou vetor de pesos relativos, que indica a importância relativa dos indicadores (ou critérios) para o respectivo critério (ou para o objetivo final). Para tanto, uma forma simples, como mostra a **Tabela 2**, é primeiro normalizar as células da matriz, dividindo cada uma pela soma de sua respectiva coluna; depois, deve-se somar cada linha da matriz normalizada; e, finalmente, dividir a matriz de uma coluna resultante pelo número de critérios.

Tabela 2. Modelo de cálculos para obtenção do vetor de prioridades

Passo 1	Passo 2	Passo 3																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>C₁</th> <th>...</th> <th>C_n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>C₁</th> <td>1</td> <td>...</td> <td>a_{1n}</td> </tr> <tr> <th>...</th> <td>...</td> <td>1</td> <td>...</td> </tr> <tr> <th>C_n</th> <td>$1/a_{1n}$</td> <td>...</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$\sum_{i=1}^n C_{i1}$</td> <td>...</td> <td>$\sum_{i=1}^n C_{in}$</td> </tr> </tbody> </table>		C₁	...	C_n	C₁	1	...	a_{1n}	1	...	C_n	$1/a_{1n}$...	1		$\sum_{i=1}^n C_{i1}$...	$\sum_{i=1}^n C_{in}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>C₁</th> <th>...</th> <th>C_n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>C₁</th> <td>$C'_{11} = \frac{C_{11}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$</td> <td>...</td> <td>$C'_{1n} = \frac{C_{1n}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$</td> </tr> <tr> <th>...</th> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <th>C_n</th> <td>$C'_{n1} = \frac{C_{n1}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$</td> <td>...</td> <td>$C'_{nn} = \frac{C_{nn}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$</td> </tr> </tbody> </table>		C₁	...	C_n	C₁	$C'_{11} = \frac{C_{11}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$...	$C'_{1n} = \frac{C_{1n}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$	C_n	$C'_{n1} = \frac{C_{n1}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$...	$C'_{nn} = \frac{C_{nn}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>$C''_{11} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{1j}}{n}$</td> </tr> <tr> <td>...</td> </tr> <tr> <td>$C''_{n1} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{nj}}{n}$</td> </tr> </tbody> </table>	$C''_{11} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{1j}}{n}$...	$C''_{n1} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{nj}}{n}$
	C₁	...	C_n																																						
C₁	1	...	a_{1n}																																						
...	...	1	...																																						
C_n	$1/a_{1n}$...	1																																						
	$\sum_{i=1}^n C_{i1}$...	$\sum_{i=1}^n C_{in}$																																						
	C₁	...	C_n																																						
C₁	$C'_{11} = \frac{C_{11}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$...	$C'_{1n} = \frac{C_{1n}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$																																						
...																																						
C_n	$C'_{n1} = \frac{C_{n1}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$...	$C'_{nn} = \frac{C_{nn}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$																																						
$C''_{11} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{1j}}{n}$																																									
...																																									
$C''_{n1} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{nj}}{n}$																																									

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, para avaliar a consistência das suposições e dos julgamentos referentes à comparação dos critérios, é preciso determinar a razão de consistência (RC). Se o seu valor for maior que 0,1, a matriz é considerada inconsistente e deve ser ajustada. A RC é a razão entre o índice de consistência (IC) e o índice randômico (IR), como mostra a equação 1. Já o IR é dependente do número de critérios de acordo com uma escala (SAATY; VARGAS, 2012).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (\text{equação 1})$$

O IC pode ser calculado pela equação 2, onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o autovalor máximo da matriz de julgamento e n é o número de critérios. O $\lambda_{\text{máx}}$ pode ser obtido por meio dos seguintes passos:

- i. Multiplicar a matriz de julgamento pelo vetor de prioridades;
- ii. Dividir o primeiro componente do vetor resultante pelo primeiro componente do vetor de prioridades, e assim por diante, até obter um novo vetor;
- iii. Somar os componentes deste novo vetor e dividir pelo número de componentes. O valor final obtido aproxima-se do autovalor máximo.

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \quad (\text{equação 2})$$

1.2. Ranqueamento e priorização

Após a obtenção dos pesos dos critérios e dos indicadores, assim como pontuação das soluções em cada indicador, um valor final para as soluções foi calculado pela equação 3, onde “FV_t” é o valor final da solução “t”; “GR_{t,i}” é o grau de desempenho da solução “t” no indicador “i” (atribuído pela equipe técnica); “IN_i” é o peso do indicador “i”; e “MC_i” é o peso do critério referente ao indicador “i”.

$$FV_t = \sum_{i=1}^{16} (GR_{t,i} * IN_i * MC_i) \quad (\text{equação 3})$$

Com o valor final para todas as soluções, foi possível ranquear as soluções. Essa classificação reflete como as soluções do OICS contribuem para o objetivo final da intervenção dos gestores públicos, qual seja priorizar soluções que promovam o planejamento urbano integrado sustentável.

Uma vez estabelecido o ranqueamento por área temática, o último passo consiste na decisão dos formuladores de política pública acerca das soluções a serem priorizadas. Este aspecto é relevante, na

medida em que crescentemente municípios têm enfrentado restrições orçamentárias, o que limita o conjunto de opções passíveis de serem aplicadas. Seguindo o proposto em Rathmann *et al.* (2021) e da Silva *et al.* (2022), são indicados quatro métodos base para selecionar conjuntos de soluções prioritárias a partir dos rankings, sendo eles:

- Seleção ordinal (SOR) – seleção baseada simplesmente na posição da solução no *ranking*, independentemente da área temática;
- Seleção por equidade temática (SET) – seleção baseada em um número igual de soluções priorizadas por área temática, seguindo a classificação do *ranking*;
- Seleção por representatividade das emissões temáticas (SRT) – o número de soluções escolhidas para cada área temática deve ser proporcional à sua participação nas emissões municipais, respeitando o posicionamento no *ranking*;
- Seleção por representatividade subsetorial das emissões temáticas (SST) – o número de soluções selecionadas por setor deve ser semelhante ao método SRT, mas respeitando a seleção de, pelo menos, uma solução para cada subsetor da economia ou área temática.

Entretanto, como não se dispôs previamente aos seminários de informações relativas às emissões de gases de efeito estufa das regiões Centro-Oeste e Nordeste, representadas por gestores das cidades de Brasília e Recife, respectivamente, para realizar a respectiva alocação de soluções nos municípios, no presente relatório serão apresentados resultados contemplando apenas os dois primeiros métodos de priorização (SOR e SET). Ademais, seguindo decisão tomada em conjunto com os gestores que participaram das oficinas, considera-se para fins de priorização o recorte de 12 soluções por área temática.

2. SOLUÇÕES DO OICS PRIORIZADAS NAS OFICINAS REGIONAIS

2.1. Ponderação de critérios e indicadores

A Figura 2 apresenta os resultados da ponderação referente aos critérios das soluções para as regiões Centro-Oeste e Nordeste. Nota-se que, apesar da diferença nos valores específicos, a estrutura das prioridades locais não apresenta grande discrepância entre as regiões. Nesse sentido, destaca-se que, em ambos os casos, o critério com maior representatividade nas prioridades locais diz respeito ao desempenho das soluções ao nível socioeconômico.

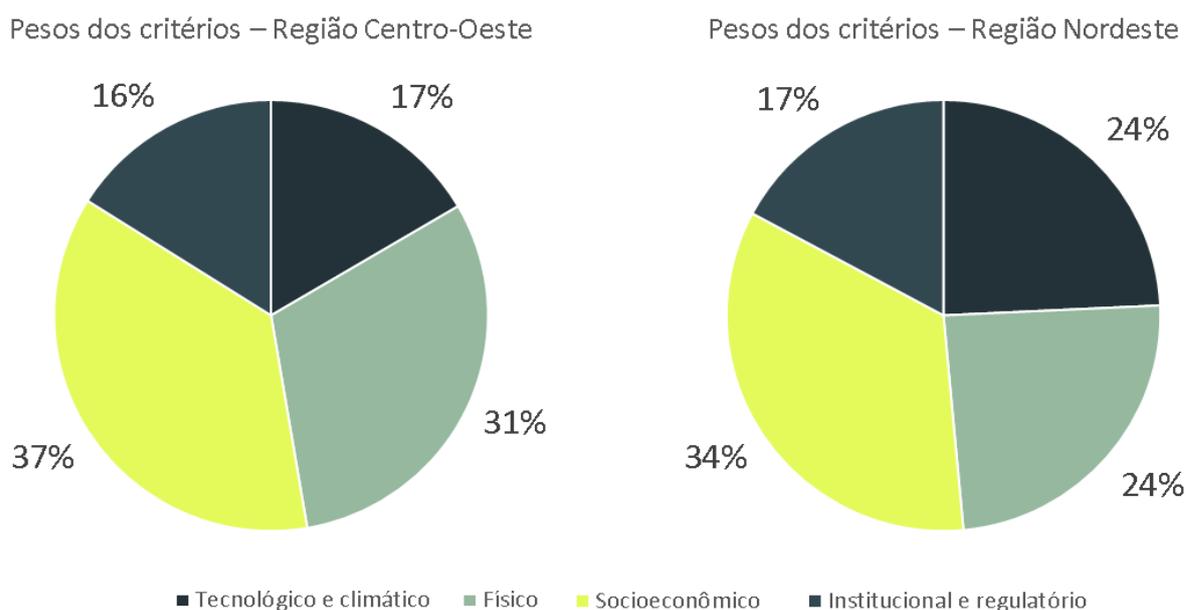


Figura 2. Resultado da ponderação dos critérios para as regiões Centro-Oeste e Nordeste.

A Figura 3 e a Figura 4 mostram, respectivamente, os resultados dos pesos finais de cada um dos indicadores de sustentabilidade para o Valor Final da solução para as regiões Centro-Oeste e Nordeste, já considerando a ponderação dos critérios associados aos indicadores. Novamente, nota-se que uma convergência entre os resultados obtidos para ambas as regiões na avaliação dos indicadores de desempenho. Observa-se que a geração de empregos é o indicador mais relevante a ser considerado na adoção de soluções urbanas visando à sustentabilidade. Além disso, no âmbito físico, os atores em ambas as regiões apontaram grande relevância para o impacto das soluções sobre a disponibilidade de água, sobretudo para a região Centro-Oeste, visto a criticalidade da temática de recursos hídricos para a cidade de Brasília.

Pesos finais dos indicadores – Região Centro-Oeste

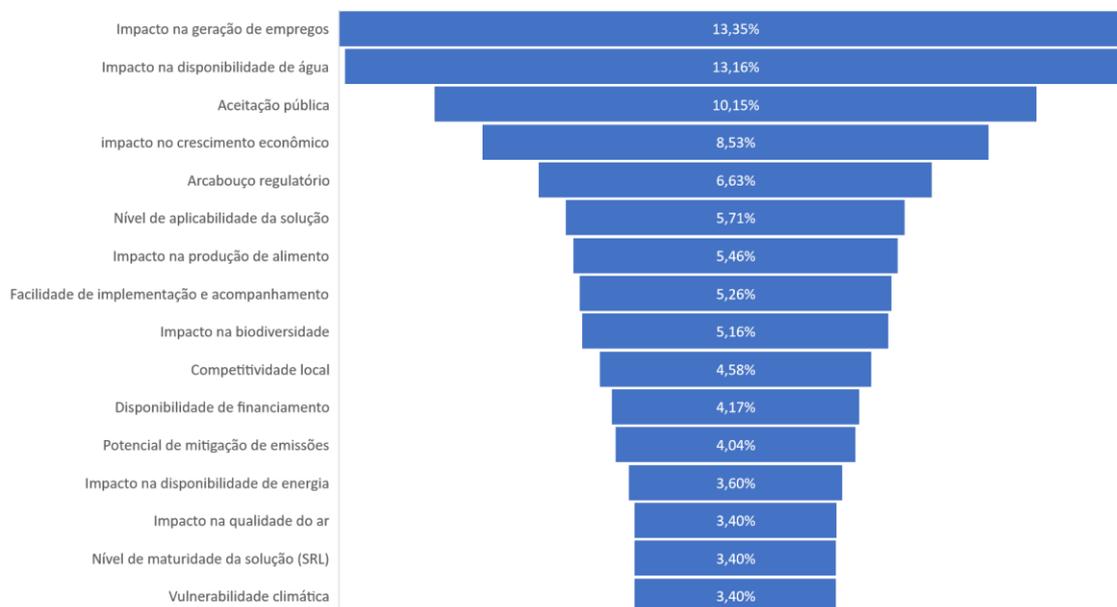


Figura 3. Peso final de cada indicador para a nota da solução na região Centro-Oeste.

Pesos finais dos indicadores – Região Nordeste

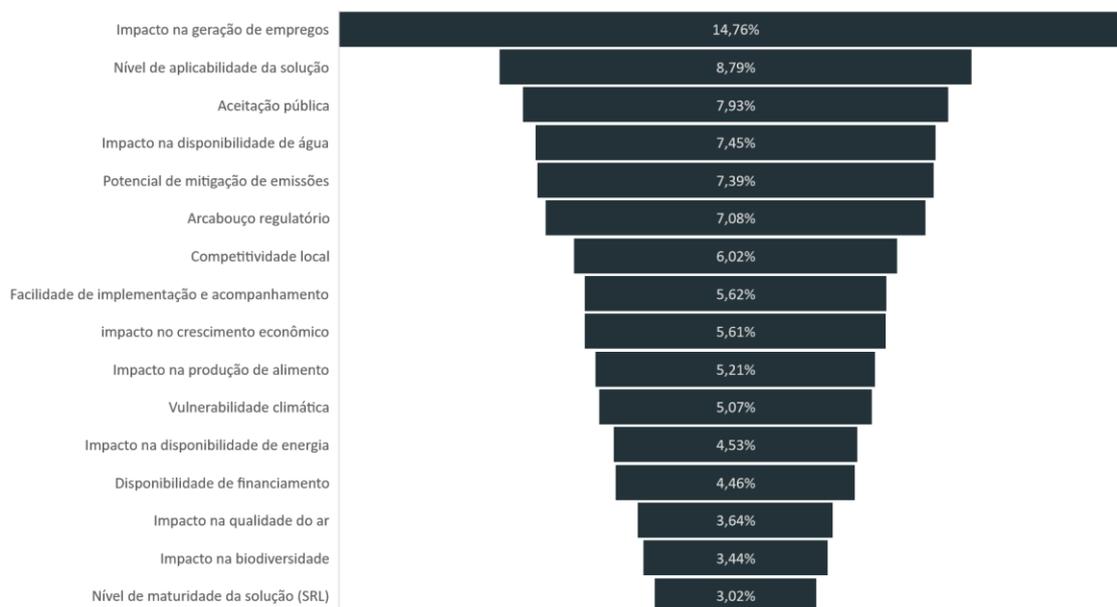


Figura 4. Peso final de cada indicador para a nota da solução na região Nordeste.

2.2. Ranqueamento e priorização

A Tabela 3 e a Tabela 4 apresentam rankings para as regiões Centro-Oeste e Nordeste, respectivamente, com as dez soluções mais bem posicionadas para cada uma das seis áreas temáticas do OICS, nomeadamente: Ambiente Construído, Energia, Mobilidade, Resíduos Sólidos, Saneamento e Soluções baseadas na Natureza (SbN); juntamente com o valor final para cada solução obtido da aplicação da ferramenta AHP. Os rankings completos das soluções por área temática encontram-se disponíveis na planilha anexa que complementa o presente produto (Anexo I).

Tabela 3. Ranking de soluções por área temática para a região Centro-Oeste.

Posição	Solução	Valor Final
Ambiente Construído		
1	Plastic Road: Pavimentação urbana	4,00
2	Projetos luminotécnicos	3,99
3	IPTU Verde	3,88
4	Acupuntura Urbana: Revitalização de espaços urbanos degradados	3,87
5	Deck ecológico em bambu	3,82
6	Etiquetagem de edificações: PBE Edifica	3,78
7	Concreto de baixo impacto ambiental	3,74
8	Retrofit: Técnicas e processos de revitalização de edificações para adequação a padrões de sustentabilidade	3,72
9	Escadas Drenantes	3,68
10	Modelagem da Informação da Construção	3,68
Energia		
1	Aquecimento da água com energia solar em edificações	4,39
2	Geração de energia dos passos de pedestres	4,19
3	Micro e minigeração distribuída a biomassa	4,07
4	Eficientização da iluminação pública: LED e Iluminação Adaptativa	4,04
5	Produção descentralizada de hidrogênio	4,03
6	Telegestão de iluminação pública	3,99
7	Redes elétricas inteligentes (Smart Grids)	3,98
8	Cotas obrigatórias de energia renovável	3,97
9	Equipamentos para eliminação de consumo stand-by (modo de espera)	3,97
10	Integração de veículos elétricos ao grid	3,95
Mobilidade		
1	Zona livre de carros	4,25
2	Triciclo elétrico para transporte de cargas	4,16
3	Serviço de transporte de cargas por aplicativo	4,14
4	Frota corporativa com sistema de recarga de veículos elétricos	4,13
5	Bicicleta elétrica dobrável com sistema de pedal assistido	4,12
6	Trem solar	4,11
7	Cruzamentos favoráveis a pedestres e ciclistas	4,10
8	Elementos adjacentes ao transporte coletivo: Pontos de ônibus	4,10
9	Ônibus elétricos a célula combustível a hidrogênio	4,10
10	Modelo de Ruas Integrais	4,09
Resíduos sólidos		
1	Logística reversa de embalagens pós-consumo	4,19
2	Degradação de biogás de aterro sanitário com flare	4,08
3	Embalagens de Biopolímeros	4,02
4	Aproveitamento de resíduos para o desenvolvimento de produtos biodegradáveis	4,00
5	Aproveitamento energético do biogás com biodigestores	3,95
6	Mecanismos de promoção ao reaproveitamento de resíduos: Simbiose industrial	3,89
7	Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos	3,80
8	Compostagem de resíduos orgânicos	3,74
9	Embalagens em refil	3,74

Tabela 3. Ranking de soluções por área temática para a região Centro-Oeste.

Posição	Solução	Valor Final
10	Aproveitamento energético do biogás gerado em aterros	3,73
Saneamento		
1	Tratamento de esgoto por processo biológico aeróbio eletroquimicamente assistido	4,03
2	Chuveiro elétrico de água atomizada	4,02
3	Sistema de uso racional da água no vaso sanitário	4,02
4	Índice de qualidade para água	3,96
5	Metodologia para recuperação ambiental de córregos urbanos	3,89
6	Desinfecção da água por raios ultravioleta	3,89
7	Monitoramento de eficiência hídrica em Unidades de Saúde	3,88
8	Sistema de sanitário a vácuo	3,87
9	Técnicas compensatórias de drenagem urbana	3,84
10	Tratamento da água por processo oxidativo avançado	3,84
Soluções baseadas na Natureza		
1	Jardim de mel	3,75
2	Sistema integrado urbano e periurbano de proteção de mananciais	3,72
3	Jardim urbano de clima semiárido	3,72
4	Compras públicas sustentáveis: Certificados de Origem Florestal	3,67
5	Cidade Biofílica	3,66
6	Tanque de evapotranspiração	3,66
7	Bacia de detenção naturalizada	3,60
8	Ecossistemas verticais	3,59
9	Índice de cobertura vegetal urbana	3,57
10	Corredores ecológicos e verdes	3,56

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4. Ranking de soluções por área temática para a região Nordeste.

Posição	Solução	Valor Final
Ambiente Construído		
1	Projetos luminotécnicos	3,90
2	Etiquetagem de edificações: PBE Edifica	3,87
3	Plastic Road: Pavimentação urbana	3,84
4	Acupuntura Urbana: Revitalização de espaços urbanos degradados	3,84
5	Deck ecológico em bambu	3,82
6	Retrofit: Técnicas e processos de revitalização de edificações para adequação a padrões de sustentabilidade	3,71
7	Sistemas construtivos com painel SIP (Structural Insulated Panel)	3,71
8	Escadas Drenantes	3,71
9	IPTU Verde	3,70
10	Modelagem da Informação da Construção	3,68
Energia		
1	Aquecimento da água com energia solar em edificações	4,40
2	Geração de energia dos passos de pedestres	4,18
3	Captura e utilização de carbono da produção de etanol na indústria de alimentos	4,11
4	Produção descentralizada de hidrogênio	4,07
5	Eficientização da iluminação pública: LED e Iluminação Adaptativa	4,04
6	Micro e minigeração distribuída a biomassa	4,03
7	Telegestão de iluminação pública	4,00
8	Equipamentos para eliminação de consumo stand-by (modo de espera)	3,99
9	Persianas Inteligentes	3,98
10	Redes elétricas inteligentes (Smart Grids)	3,97
Mobilidade		
1	Zona livre de carros	4,26
2	Produção e distribuição gratuita de bicicletas	4,24
3	Cruzamentos favoráveis a pedestres e ciclistas	4,17
4	Elementos adjacentes ao transporte coletivo: Pontos de ônibus	4,17
5	Triciclo elétrico para transporte de cargas	4,13
6	Frota corporativa com sistema de recarga de veículos elétricos	4,12
7	Ônibus elétricos a célula combustível a hidrogênio	4,12
8	Ônibus social comunitário	4,07
9	Serviço de transporte de cargas por aplicativo	4,06
10	Reabilitação de espaço residual como infraestrutura de circulação	4,06
Resíduos sólidos		
1	Logística reversa de embalagens pós-consumo	4,19
2	Degradação de biogás de aterro sanitário com flare	4,06
3	Embalagens de Biopolímeros	4,01
4	Aproveitamento de resíduos para o desenvolvimento de produtos biodegradáveis	3,89
5	Aproveitamento energético do biogás com biodigestores	3,87
6	Mecanismos de promoção ao reaproveitamento de resíduos: Simbiose industrial	3,81
7	Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos	3,74
8	Compostagem de resíduos orgânicos	3,68
9	Reaproveitamento de resíduos sólidos na fabricação de pavimentos urbanos	3,65

Tabela 4. Ranking de soluções por área temática para a região Nordeste.

Posição	Solução	Valor Final
10	Aproveitamento energético do biogás gerado em aterros	3,61
Saneamento		
1	Chuveiro elétrico de água atomizada	4,03
2	Sistema de uso racional da água no vaso sanitário	4,03
3	Índice de qualidade para água	3,97
4	Tratamento de esgoto por processo biológico aeróbio eletroquimicamente assistido	3,92
5	Monitoramento de eficiência hídrica em Unidades de Saúde	3,89
6	Tratamento da água por processo oxidativo avançado	3,87
7	Desinfecção da água por raios ultravioleta	3,86
8	Sistema de sanitário a vácuo	3,81
9	Metodologia para recuperação ambiental de córregos urbanos	3,81
10	Técnicas compensatórias de drenagem urbana	3,78
Soluções baseadas na Natureza		
1	Renaturalização de margens de lagoas costeiras urbanas	3,83
2	Conservação e recuperação de ecossistemas costeiros e estuarinos	3,81
3	Sistema integrado urbano e periurbano de proteção de mananciais	3,75
4	Transformação de áreas de mineração desativadas e abandonadas em Parques Urbanos	3,74
5	Jardim de mel	3,71
6	Compras públicas sustentáveis: Certificados de Origem Florestal	3,69
7	Restauração de recifes de corais	3,68
8	Jardim urbano de clima semiárido	3,67
9	Plano de manejo de dunas frontais e áreas adjacentes	3,62
10	Cidade Biofílica	3,62

Fonte: Elaboração própria.

Para fins de exemplificação, o Quadro 2 e o Quadro 3 mostram o resultado do exercício de priorização de 12 soluções conforme os métodos SOR e SET para as regiões Centro-Oeste e Nordeste, respectivamente. Vale ressaltar que tais exercícios tem o intuito meramente ilustrativo de indicar formas sistemáticas com as quais os gestores municipais podem trabalhar para estabelecer prioridades de implementação das soluções a partir do ranqueamento.

Quadro 2. Exercício proposto para priorização de soluções para a região Centro-Oeste por diferentes métodos.

Posição	Solução	Tema	Desafio
Método SOR			
1	Aquecimento da água com energia solar em edificações	Energia	Energia limpa e renovável
2	Zona livre de carros	Mobilidade	Descarbonização do transporte
3	Logística reversa de embalagens pós-consumo	Resíduos Sólidos	Reuso e reciclagem
4	Geração de energia dos passos de pedestres	Energia	Energia limpa e renovável
5	Triciclo elétrico para transporte de cargas	Mobilidade	Descarbonização do transporte
6	Serviço de transporte de cargas por aplicativo	Mobilidade	Descarbonização do transporte
7	Frota corporativa com sistema de recarga de veículos elétricos	Mobilidade	Descarbonização do transporte
8	Bicicleta elétrica dobrável com sistema de pedal assistido	Mobilidade	Descarbonização do transporte
9	Trem solar	Mobilidade	Descarbonização do transporte
10	Cruzamentos favoráveis a pedestres e ciclistas	Mobilidade	Segurança
11	Elementos adjacentes ao transporte coletivo: Pontos de ônibus	Mobilidade	Segurança
12	Ônibus elétricos a célula combustível a hidrogênio	Mobilidade	Descarbonização do transporte
Método SET			
1	Plastic Road: Pavimentação urbana	Ambiente Construído	Economia circular
2	Projetos luminotécnicos	Ambiente Construído	Descarbonização da infraestrutura
3	Aquecimento da água com energia solar em edificações	Energia	Energia limpa e renovável
4	Geração de energia dos passos de pedestres	Energia	Energia limpa e renovável
5	Zona livre de carros	Mobilidade	Descarbonização do transporte
6	Triciclo elétrico para transporte de cargas	Mobilidade	Descarbonização do transporte
7	Logística reversa de embalagens pós-consumo	Resíduos Sólidos	Reuso e reciclagem
8	Degradação de biogás de aterro sanitário com flare	Resíduos Sólidos	Manejo, tratamento e destinação final de resíduos
9	Tratamento de esgoto por processo biológico aeróbio eletroquimicamente assistido	Saneamento	Saneamento adequado
10	Chuveiro elétrico de água atomizada	Saneamento	Uso eficiente e responsável da água
11	Jardim de mel	SBN	Restaurar e conservar serviços ecossistêmicos
12	Sistema integrado urbano e periurbano de proteção de mananciais	SBN	Restaurar e conservar serviços ecossistêmicos

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 3. Exercício proposto para priorização de soluções para a região Nordeste por diferentes métodos.

Posição	Solução	Tema	Desafio
Método SOR			
1	Aquecimento da água com energia solar em edificações	Energia	Energia limpa e renovável
2	Zona livre de carros	Mobilidade	Descarbonização do transporte
3	Produção e distribuição gratuita de bicicletas	Mobilidade	Acesso à mobilidade na cidade
4	Logística reversa de embalagens pós-consumo	Resíduos Sólidos	Reuso e reciclagem
5	Geração de energia dos passos de pedestres	Energia	Energia limpa e renovável
6	Cruzamentos favoráveis a pedestres e ciclistas	Mobilidade	Segurança
7	Elementos adjacentes ao transporte coletivo: Pontos de ônibus	Mobilidade	Segurança
8	Triciclo elétrico para transporte de cargas	Mobilidade	Descarbonização do transporte
9	Frota corporativa com sistema de recarga de veículos elétricos	Mobilidade	Descarbonização do transporte
10	Ônibus elétricos a célula combustível a hidrogênio	Mobilidade	Descarbonização do transporte
11	Captura e utilização de carbono da produção de etanol na indústria de alimentos	Energia	Descarbonização energética
12	Ônibus social comunitário	Mobilidade	Acesso à mobilidade na cidade
Método SET			
1	Projetos luminotécnicos	Ambiente Construído	Descarbonização da infraestrutura
2	Etiquetagem de edificações: PBE Edifica	Ambiente Construído	Descarbonização da infraestrutura
3	Aquecimento da água com energia solar em edificações	Energia	Energia limpa e renovável
4	Geração de energia dos passos de pedestres	Energia	Energia limpa e renovável
5	Zona livre de carros	Mobilidade	Descarbonização do transporte
6	Produção e distribuição gratuita de bicicletas	Mobilidade	Acesso à mobilidade na cidade
7	Logística reversa de embalagens pós-consumo	Resíduos Sólidos	Reuso e reciclagem
8	Degradação de biogás de aterro sanitário com flare	Resíduos Sólidos	Manejo, tratamento e destinação final de resíduos
9	Chuveiro elétrico de água atomizada	Saneamento	Uso eficiente e responsável da água
10	Sistema de uso racional da água no vaso sanitário	Saneamento	Uso eficiente e responsável da água
11	Renaturalização de margens de lagoas costeiras urbanas	SBN	Restaurar e conservar serviços ecossistêmicos
12	Conservação e recuperação de ecossistemas costeiros e estuarinos	SBN	Restaurar e conservar serviços ecossistêmicos

Fonte: Elaboração própria.

A partir desses exercícios, nota-se que a forma de seleção de soluções como prioritárias a partir dos rankings tem grande influência sobre o resultado. Tanto no caso da região Centro-Oeste quanto da região Nordeste, uma seleção a partir do método SOR, que toma como prioritárias as primeiras soluções do ranking geral, leva a uma superconcentração de soluções na área temática de mobilidade, sobretudo no que está associado ao desafio de descarbonização do transporte deixando as demais áreas relativamente sub-representadas. Já uma seleção pelo método SET garante uma distribuição equânime de soluções entre os diferentes temas, porém prioriza soluções com notas finais menores

que aquelas com desempenho mais alto dentro dos critérios identificados como mais relevantes pelos atores locais.

Para além desses métodos, há outras formas, sistemáticas ou não, de priorizar as soluções de sustentabilidade urbana do OICS, seja por desafio, pelo impacto em algum critério específico de interesse ou mesmo pela seleção arbitrária a partir da análise do quadro geral que o ranking informa. Para isso, cabe ao gestor municipal decidir a forma mais adequada de priorizar as soluções a serem implementadas em sua região. Assim, a ferramenta ora proposta deverá ser mais útil o quanto mais intuitiva for para os gestores municipais, beneficiando-se ainda mais de ser automatizada e permitir a obtenção de resultados de priorização rapidamente por modelos pré-formatados ou customizados de seleção. Nesse sentido, a próxima seção aborda uma proposta de automatização da ferramenta de ranqueamento e priorização das soluções do OICS a ser desenvolvida em projeto futuro.

3. PROPOSTA DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS

A partir da aplicação-piloto da metodologia multicritério para ranqueamento e priorização das soluções de sustentabilidade urbana do OICS para gestores das regiões Centro-Oeste e Nordeste, aviltou-se a ideia de desenvolvimento de uma ferramenta similar, porém automatizada e disponibilizada no website do OICS. Dessa forma, resumidamente, os gestores municipais interessados em implementar soluções de sustentabilidade em sua região poderiam autonomamente receber da plataforma OICS quais são as soluções mais adequadas às suas prioridades.

A seguir é apresentado, resumidamente, um fluxograma do sistema proposto. Partindo das soluções presentes na base de dados do OICS e já previamente pontuada nos critérios de sustentabilidade estabelecidos, o gestor definiria inicialmente o município-alvo e a(s) área(s) temática(s) da análise, o que ativaria um filtro de aplicabilidade regional e de soluções do OICS, segundo o porte da sua cidade e o tema de interesse, obtendo-se assim uma lista apenas com as soluções passíveis de implementação na(s) área(s) selecionada(s). Em seguida, o gestor municipal informaria suas preferências dentre os critérios de sustentabilidade em um modelo de formulário similar ao utilizado nas oficinas regionais de aplicação da metodologia multicritério, ou, caso prefira, poderia selecionar valores pré-estabelecidos de ponderação para sua região, obtidos de aplicações prévias já validadas da metodologia com um conjunto diverso de atores em cada região do país. Definidos os pesos relativos dos critérios e indicadores, aplica-se na sequência a metodologia multicritério para obtenção de rankings de soluções, no qual o usuário poderia definir formas de apresentação que lhe sejam interessantes (ex.: ranking geral, por área temática, por desafio etc.). Por fim, o gestor municipal poderia definir um número de soluções a compor seu conjunto prioritário e um método para priorização, seja ele uma sistemática pré-programada ou uma seleção manual.

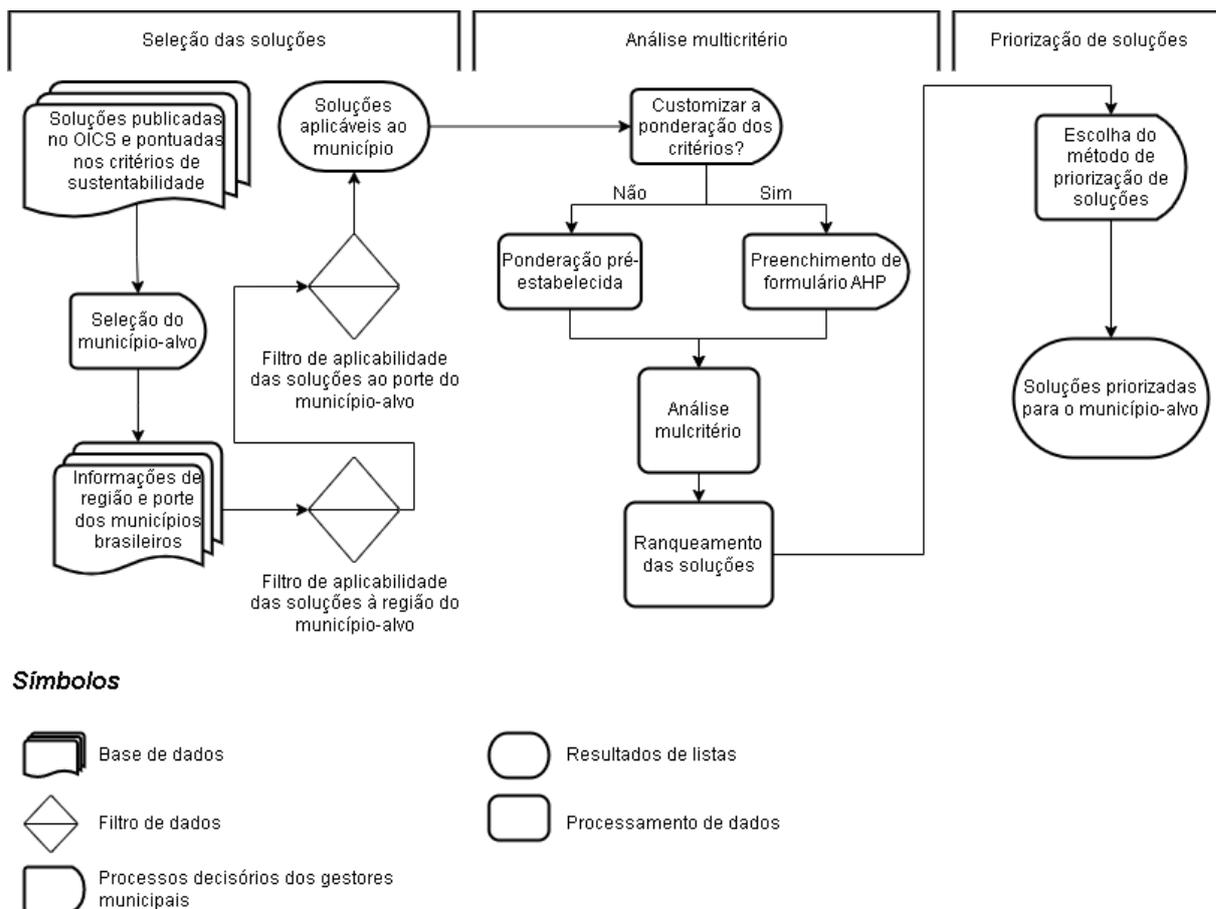


Figura 5. Fluxograma esquemático do sistema automático proposto para ranqueamento e priorização de soluções do OICS para gestores municipais.

Fonte: Elaboração própria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O escopo do presente produto diz respeito à etapa de análise multicritério, para a qual se utilizou o método AHP como ferramenta analítica. Apesar de sua grande aplicabilidade, a metodologia AHP apresenta algumas limitações que são importantes de serem ressaltadas para que se tenha uma perspectiva crítica sobre os resultados obtidos. Primeiramente, é importante citar que devido à natureza subjetiva das análises coletadas como insumo para quantificação dos pesos relativos dos critérios, a amostra de participantes é um elemento central para os resultados, visto que diferentes tipos de atores deverão manifestar opiniões distintas, muitas vezes conflitantes, sobre a importância relativa dos critérios. Com isso, é desejável que se tenha um conjunto o mais amplo e diverso possível na aplicação da metodologia, de maneira a reforçar os consensos e amenizar as discrepâncias de opiniões dentre os tipos de atores representativos da sociedade.

Outro elemento importante de ser mencionado enquanto aspecto específico da estrutura de decisória elaborada diz respeito à validade de alguns dos critérios enquanto parâmetro decisório para seleção das soluções de sustentabilidade prioritárias. Nesse sentido, cabe o questionamento sobre se é de fato oportuno considerar o critério de aceitação pública, que, como os resultados das aplicações piloto indicaram, tende a ser considerado elemento importante pelos gestores municipais. Contudo, a percepção pública sobre intervenções nas cidades tende a variar conforme mudam-se os paradigmas da convivência urbana e as pessoas passam a conviver mais com as soluções inovadoras presentes em sua rotina. Assim sendo, a utilização de um critério de aceitação pública enquanto um dos parâmetros para priorização pode ter um efeito de penalizar as soluções mais inovadoras listadas no OICS, visto que sua presença na paisagem urbana é menor e, com isso, o público tende a ser mais resistente à sua implementação. Com isso, a presença desse critério pode ir de encontro ao objetivo central do OICS, qual seja fomentar a inovação para sustentabilidade nas cidades.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, F. T. F. et al. Inter-sectoral prioritization of climate technologies: insights from a Technology Needs Assessment for mitigation in Brazil. [S.l.]: Springer Netherlands, 2022. v. 27. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11027-022-10025-6>>.

Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – Fundação COPPETEC. (2022a). Produto 5: Relatório com achados das oficinas regionais temáticas (Recife e Brasília) para ranqueamento e priorização das soluções de baixo carbono e conservação da biodiversidade do Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis. Documento entregue ao projeto CITInova no âmbito do acordo estabelecido entre o CGEE e a Fundação COPPETEC.

_____. (2022b). Base de dados integrada e relatório com achados do processo de validação das soluções e indicadores para ranqueamento e priorização das soluções do Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis. Documento entregue ao projeto CITInova no âmbito do acordo estabelecido entre o CGEE e a Fundação COPPETEC.

_____. (2022c). Guia metodológico para ranqueamento e priorização das soluções do Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis em oficinas regionais temáticas (Recife e Brasília). Documento entregue ao projeto CITInova no âmbito do acordo estabelecido entre o CGEE e a Fundação COPPETEC.

RATHMANN, R. et al. Relatório de avaliação de necessidades tecnológicas para implementação de planos de ação climática no Brasil: mitigação. 1. ed. Brasília: Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2021.

ANEXOS

ANEXO I - Planilha com os dados de ponderação, ranqueamento e priorização das soluções do OICS para as regiões Centro-Oeste e Nordeste

Arquivo em Excel enviado separadamente e também acessível neste [link](#).