

## VERIFICAÇÃO DE EFETIVIDADE POTENCIAL DA POLÍTICA NACIONAL PARA TRANSFORMAR A MOBILIDADE DAS CIDADES BRASILEIRAS

**Isabel Magalhães**

**Enilson Santos**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (UFPE)

### RESUMO

Este trabalho verifica se a Política Nacional de Mobilidade Urbana, por meio de planos municipais, tem potencial de transformar a mobilidade das cidades brasileiras. Inicialmente, aplicou-se a dez planos municipais de mobilidade urbana dois métodos avaliativos: avaliação de conformidade com a Política Nacional e potencial transformador. Posteriormente, os resultados das avaliações foram examinados para a hipótese de normalidade, por quatro testes: Shapiro-Wilk, d'Agostino-Pearson, Jarque-Bera e Anderson-Darling. Na sequência, calcularam-se coeficientes de correlação (Pearson, Spearman e Kendall) para os pares de vetores de dados, testando-se em cada caso a validade da hipótese de correlação positiva. Por fim, para esses mesmos pares, realizaram-se análises de regressão linear. Após apreciação dos resultados analíticos, pôde-se constatar que conformidade e potencial transformador dos planos registram forte correlação positiva, constatando-se que, se efetivada pelos planos, a Política Nacional possui potencial para transformar a mobilidade das cidades brasileiras.

### ABSTRACT

This paper verifies in which extent the National Policy on Urban Mobility, through municipal plans, has the potential to change mobility in Brazilian cities. Initially, ten municipal urban mobility plans were assessed by two evaluation methods: conformity with National Policy and transforming potential. Subsequently, the results were analysed for normality hypothesis by four tests: Shapiro-Wilk, d'Agostino-Pearson, Jarque-Bera and Anderson-Darling. In the sequence, correlation coefficients (Pearson, Spearman and Kendall) for the pairs of data vectors were applied, in each case testing the validity of the hypothesis of positive correlation. Finally, for each of the pairs, linear regression analysis was performed. The analytical results show that conformity and transforming potential correlate positively. Therefore, if local plans effectively internalise National Policy then it has potential for transforming mobility in Brazilian cities.

### 1. INTRODUÇÃO

Estimativas das Nações Unidas apontam que a população urbana mundial deverá atingir o dobro da atual até 2050 (ONU, 2016a), quando representará cerca de 68% do total de habitantes no planeta (ONU, 2018). Tendo em conta que, nos dias atuais, os impactos ambientais e socioeconômicos ocorrem em sua grande maioria nas cidades, pode-se afirmar que o crescimento acelerado da urbanização originará, no futuro breve, grandes e complexos desafios para o desenvolvimento urbano sustentável, especialmente com referência a fatores-chave, tais como: habitação, infraestruturas urbanas, serviços básicos, segurança alimentar, saúde, educação, trabalho condigno, segurança e recursos naturais, entre outros (ONU, 2016a).

Considerando a necessidade de equilibrar a crescente urbanização com a mitigação dos impactos dela decorrentes, Mugion *et al.* (2018) entendem que a maioria das cidades se defrontará com substanciais dificuldades para seguirem uma trajetória de transformação em versões autossustentáveis. Na inevitável perspectiva integrada do desenvolvimento sustentável, é fundamental que o caminho seja trilhado harmonicamente por todos os setores urbanos da política pública (ONU, 2015). E aqui, embora o transporte não se configure como setor principal, ele adquire relevância pelo fato de ser o responsável pela provisão de acesso universal a infraestruturas e serviços, como bem destacam (ONU, 2016b; Banister, 2008; e Mugion *et al.*, 2018). Magalhães *et al.* (2018a) destacam ainda a importância de investir em políticas públicas de transporte para que as cidades trilhem no caminho do desenvolvimento sustentável.

Segundo Magalhães *et al.* (2017), discussões mundiais acerca do desenvolvimento sustentável das cidades e do papel fundamental dos transportes datam da década de 1980, com a publicação do Relatório Brundtland (WCED, 1987). Entretanto, no Brasil, uma política urbana setorial de mobilidade só foi sancionada no ano de 2012 (Lei Federal nº. 12.587/2012: Brasil, 2012). A referida Lei institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) que, por sua vez, constitui-se como instrumento da política de desenvolvimento urbano. A PNMU objetiva integrar os diferentes modos de transporte e melhorar a acessibilidade e mobilidade de pessoas e cargas no âmbito do município. Para tanto, institui a elaboração do Plano Municipal de Mobilidade Urbana (PMMU) como sendo o instrumento da sua efetivação.

Para Mozos-Blanco *et al.* (2018), o objetivo de um plano de mobilidade é transformar a cidade na direção do desenvolvimento sustentável, atingindo o equilíbrio ambiental e a melhoria da saúde e da qualidade de vida dos seus habitantes, por meio da transformação positiva do modelo de mobilidade vigente. Nessa direção, Kane e Whitehead (2017) destacam a necessidade da existência de políticas públicas de transporte coerentes e bem elaboradas, para que futuras modificações na mobilidade urbana tenham o potencial de levar a resultados idealizados, melhorando de fato o sistema atual.

Na tentativa de verificar se essas melhorias estão ocorrendo, ou pelo menos têm potencial para ocorrer, vários estudos têm sido propostos (Castillo e Pitfield, 2010; Shiau e Liu, 2013; Gillis *et al.*, 2016, Mansourianfar e Haghshenas, 2018, entre outros). No Brasil, duas pesquisas recentes propuseram a análise dos planos de mobilidade que estão sendo elaborados a partir da PNMU. O primeiro (Santos e Magalhães, 2016) apresentou uma ferramenta de avaliação da conformidade entre PMMUs e a PNMU; o segundo (Amorim, 2019) propôs um modelo de verificação do potencial transformador desses planos.

Magalhães *et al.* (2018b) afirmam que uma política de mobilidade urbana depende, para ser exitosa, da elaboração e da implementação de planos de ação consistentes, capazes de transformar a realidade das cidades. Haja vista a vinculação entre as instâncias de elaboração de políticas nacionais e dos correspondentes planos locais, é objetivo deste artigo verificar se a PNMU, por meio dos PMMUs, tem potencial de transformar a mobilidade das cidades brasileiras.

Para tanto, foram analisados PMMUs de dez municípios brasileiros com a aplicação dos métodos de avaliação de conformidade do PMMU *vis-à-vis* a PNMU (Santos e Magalhães, 2016) e de potencial transformador dos PMMUs (Amorim, 2019). Os resultados foram submetidos a análises estatísticas de normalidade da amostra, de correlação e de regressão, com o intuito de verificar: (i) se um plano que apresenta alta conformidade com a PNMU, possui necessariamente um elevado potencial transformador; e, indo mais além, (ii) se a efetivação da PNMU nos PMMUs mostra potencial para transformar a realidade das cidades brasileiras.

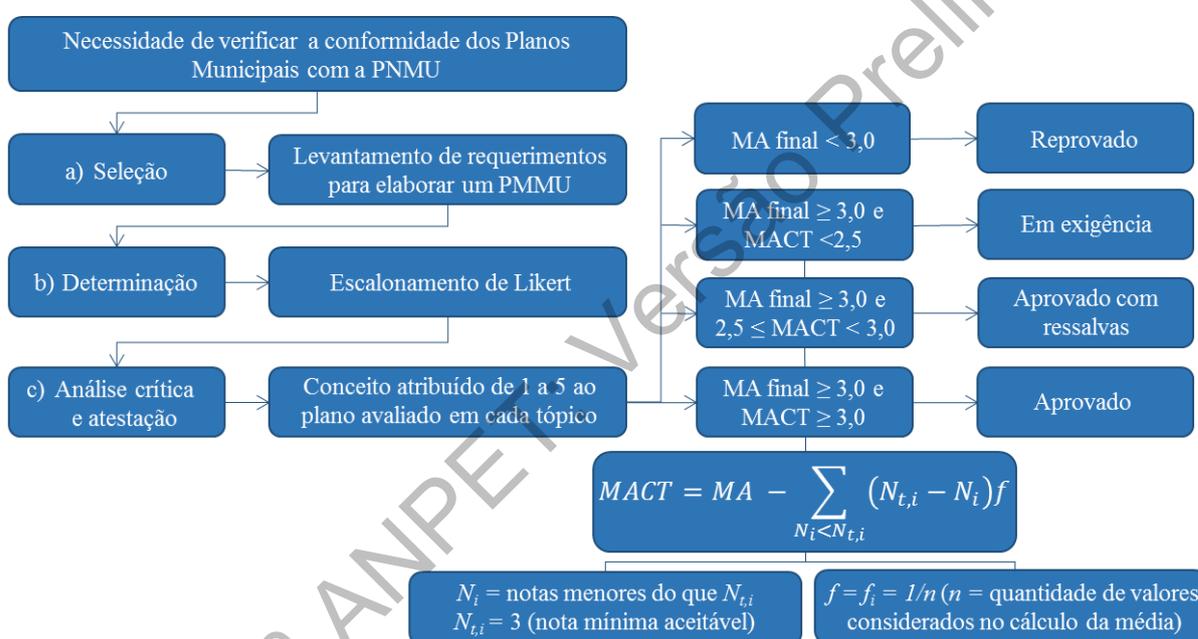
Além desta introdução, este artigo apresenta mais quatro seções, ademais das referências. As segunda e terceira seções estão, respectivamente, dedicadas a uma breve explicação e à aplicação dos métodos de conformidade com a PNMU e de potencial transformador dos planos de mobilidade. Na quarta seção, são apresentadas as análises estatísticas dos resultados, reservando-se a quinta seção para conclusões e considerações finais.

## 2. MÉTODOS UTILIZADOS

A finalidade desta seção é trazer uma breve explanação acerca dos métodos propostos por Santos e Magalhães (2016) e por Amorim (2019), com o intuito de esclarecer as suas finalidades e seus mecanismos de cálculo.

### 2.1. Método de Conformidade de PMMUs com a PNMU

Inicialmente, Santos e Magalhães (2016) identificaram a necessidade de verificar se os planos que estavam sendo elaborados apresentavam conformidade com as exigências da Lei Federal nº. 12.587/2012. Para tanto, utilizaram o conceito de Avaliação de Conformidade, já utilizada em outros estudos relativos ao setor dos transportes (por exemplo: Apanovich *et al.*, 2015; Nguyen *et al.*, 2013). A elaboração e aplicação do método se estruturou segundo três fases sequenciadas, de acordo com a metodologia apresentada na Figura 1: (a) seleção; (b) determinação; e (c) análise crítica e atestação.



**Figura 1:** Metodologia utilizada para verificar a conformidade do plano

**Fonte:** Adaptado de Santos e Magalhães (2016)

Com base na Lei Federal nº. 12.587/2012 e em outros diplomas legais relevantes (Constituição Federal, Estatutos da Cidade e da Metrópole), Santos e Magalhães (2016) levantaram os requerimentos (fase de seleção) para a elaboração exitosa de um Plano de Mobilidade. Tais requerimentos foram divididos em sete grupos, entendidos como igualmente importantes: (I) desenvolvimento municipal; (II) acesso, acessibilidade e mobilidade; (III) prestação de serviços; (IV) gestão; (V) infraestrutura; (VI) usuários; e (VII) especiais. O grupo VII não se aplica a todos os casos, pois avalia apenas casos particulares de cidades (gêmeas; que não possuem sistema de transporte público; ou inseridas em Regiões Metropolitanas).

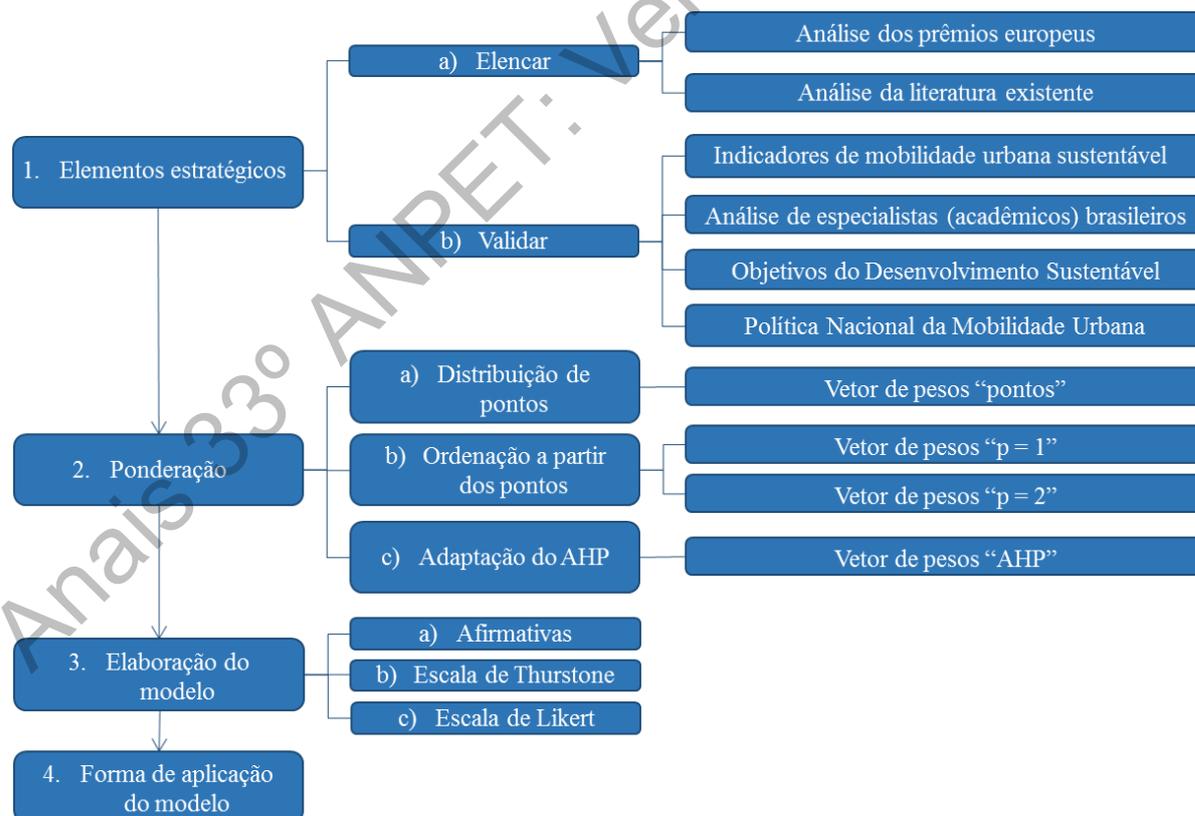
Após a formação dos grupos, os autores estabeleceram cinco níveis crescentes de excelência para avaliar como cada plano satisfaz cada requerimento, seguindo os moldes de um escalonamento tipo Likert (fase de determinação), variando de 1 (não atendem ao requerimento) até 5 (atendem com excelência ao requerimento). Esse mesmo tipo de escala foi utilizada em

vários outros estudos, por exemplo: Mugion *et al.* (2018), Papagiannakis *et al.* (2018) e Stephenson *et al.* (2018). De acordo com Bermudes *et al.* (2016), a escala de Likert é um dos tipos de escalonamentos mais utilizados em pesquisas acadêmicas.

Assim, na fase de análise crítica e atestação, um conceito de 1 a 5 é atribuído a cada requerimento segundo como seja ele atendido pelo plano em avaliação. Posteriormente, obtém-se uma nota (de 1 a 5) por grupo, calculada pela média aritmética com compensação truncada (MACT – equação apresentada na Figura 1) dos conceitos atribuídos a cada requerimento. Observe-se que, com a MACT, trunca-se o efeito compensatório típico da média aritmética simples: conceitos mais baixos sendo compensados por conceitos mais altos. A nota sintética do plano é obtida pela média aritmética simples (MA) das médias (MACTs) do plano em cada grupo; a avaliação final do plano é determinada em quatro níveis: reprovado; em exigência; aprovado com ressalvas; e aprovado, seguindo os critérios apresentados na Figura 1.

## 2.2. Método do Potencial Transformador

Para elaborar o método do potencial transformador, Amorim (2019) seguiu quatro etapas, apresentadas na Figura 2. Inicialmente, elencaram-se os elementos estratégicos que seriam utilizados para avaliar os planos, partindo do estudo realizado por Magalhães *et al.* (2018b), que selecionaram, com base nos resultados de premiações anuais conferidas por instituições multilaterais no período 2010/2017, casos de sucesso com destaque internacional em mobilidade urbana sustentável.



**Figura 2:** Metodologia utilizada para estabelecer o potencial transformador do plano

**Fonte:** Construído a partir da descrição metodológica de Amorim (2019)

Magalhães *et al.* (2018b) selecionaram quatro concursos internacionais patrocinados e conduzidos por organismos europeus: *CIVITAS*; *European Green Capital*; *SUMP* e *European Mobility Week (EMW) Awards*. Analisando as premiações, elencaram as principais estratégias subjacentes ao reconhecimento internacional dessas experiências. Assim, estabeleceram um rol de treze elementos estratégicos capazes de conferir a planos locais potencial de direcionar a cidade na rota do desenvolvimento sustentável (etapa 1 “a” da Figura 2).

Já no item “b” da etapa 1 (Figura 2), com o intuito de validar o rol de elementos, Magalhães *et al.* (2018b) utilizaram duas abordagens distintas: uma a nível internacional, com base em 42 artigos a respeito de indicadores da mobilidade urbana sustentável; e outra a nível nacional, colhendo a opinião de 26 especialistas acadêmicos brasileiros. Ademais, por se tratar do potencial transformador dos PMMUs nacionais na direção do desenvolvimento sustentável, Amorim (2019) validou esses elementos por mais duas vertentes: uma amparada na Política Nacional de Mobilidade Urbana, outra ancorada nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Todas as validações resultaram satisfatórias, permitindo a afirmação de que esses elementos, se introduzidos aos PMMUs, a eles conferem potencial transformador.

Na segunda etapa, com o intuito de hierarquizar e ponderar diferenciadamente os treze elementos estratégicos, Magalhaes *et al.* (2018b) utilizaram a opinião dos especialistas. Na consulta aos especialistas, os autores recorreram à técnica de distribuição de pontos (mil pontos deveriam ser distribuídos entre os treze elementos). A partir da pontuação conferida por cada especialista a cada elemento, usando diferentes técnicas de discriminação de pesos, os autores estabeleceram seis distintos vetores de pesos.

Para a elaboração do método, Amorim (2019) utilizou três desses vetores – itens “a” e “b” da etapa 2 (Figura 2) – e construiu mais um – item “c” da etapa 2 (Figura 2) –. Esse novo vetor de pesos foi construído a partir de uma inovação derivada do método do AHP – Processo Analítico de Hierarquização – proposto por Saaty (2009), com uma adaptação do mesmo realizada em Bandeira (2008). Ao invés de utilizar a escala de Saaty de 1 a 9 nas análises par-a-par, Bandeira (2008) propôs uma escala representativa com faixas de valores variando de 10% a 90%. Para cada faixa de valor, a autora relaciona um valor de referência na escala Saaty (2009). Para isso, utilizou valores múltiplos de 10% e, em cada faixa, os limites inferior e superior somam 100%. Entretanto, Bandeira (2008) propôs faixas de valores apenas para os ímpares de Saaty, desconsiderando os valores intermediários – pares –. Ademais, fixou o valor da proporção que o avaliador deve atribuir a cada análise par a par, limitando o rol de resposta.

Neste sentido, a inovação advinda do método de Amorim (2019) superou essas limitações, uma vez que partiu da livre distribuição de pontos, utilizada em Magalhães *et al.* (2018b). Cada avaliador atribuiu o valor que julgou corresponder a cada elemento estratégico, independente de análises entre pares. Com a pontuação atribuída a cada elemento, Amorim (2019) analisou pares de elementos a partir da Equação 1, desta forma foi possível chegar em uma matriz de respostas de análises par-a-par, para cada avaliador, do tipo proposto por Saaty (2009). Desta forma, além de satisfazer os valores da escala de Saaty – pares e ímpares –, o procedimento proposto por Amorim (2019) satisfaz também as faixas de valores de Bandeira (2008).

$$0 < \frac{a}{a+b} < 1 \quad (1)$$

Hodge e Gillespie (2003) afirmam que um dos principais pontos a se tomar em conta na construção de ferramentas de indicadores é que estes sejam claros e concisos; indicadores

formados por mais de um assunto aumentam o erro de medição. Para minimizar esse efeito indesejado, como a maioria dos elementos estratégicos envolvia mais de um aspecto a ser analisado, Amorim (2019) subdividiu cada um dos treze elementos estratégicos, chegando a cinquenta afirmativas singulares – na Figura 2, item “a” da etapa 3 –.

Para mensurar o potencial transformador do plano, dois escalonamentos foram utilizados. Aplicou-se a escala binária de Thurstone (sim ou não) para cada uma das cinquenta afirmativas – item “b” da etapa 3 (Figura 2) –. Em seguida, contam-se as afirmativas referentes a cada um dos elementos estratégicos com respostas “sim”: essa quantidade de respostas positivas indicam o grau de intensidade com que o plano analisado contempla o elemento estratégico em questão.

Como os treze elementos não agrupam a mesma quantidade de afirmativas, indo de um caso em que ao elemento corresponde uma única afirmativa até aqueles casos de elementos a que correspondem seis afirmativas, e impondo-se a necessidade de uma escala única de avaliação para todos os elementos, o método elaborado por Amorim (2019) propõe que o grau de intensidade com que o plano analisado contempla cada elemento estratégico seja obtido da aplicação das Equações 2 e 3. Pode ser verificado que a solução proposta avalia a presença consistente de cada elemento no plano na forma de um escalonamento de Likert – item “c” da etapa 3 (Figura 2) –, variando de 0 a 6, já que é seis a quantidade de afirmativas máxima no conjunto de elementos estratégicos.

Conste que, em Amorim (2019), o método não se encontra formalmente definido, sendo proposto como uma sequência de procedimentos de cálculo aplicada a um caso específico. A generalização e formalização algébrica do método foi desenvolvido neste trabalho – etapa 4 da Figura 2 –. Formalmente, aos elementos estratégicos  $i$  ( $i=1, \dots, R$ ) correspondem  $j_i$  afirmativas ( $j_i=1, \dots, n_i$ ). Define-se  $N$  como a quantidade máxima de afirmativas no conjunto dos elementos, ou seja,  $N = \max_i \{n_i\}$ . Então,  $F_i$  pode ser definido como um fator de importância para as  $n_i$  afirmativas referentes ao  $i$ -ésimo elemento, obtido segundo a Equação 2:

$$F_i = N/n_i \quad (2)$$

Agora, seja  $n_i^+$ ,  $0 \leq n_i^+ \leq n_i$ , a quantidade de respostas “sim” às afirmativas correspondentes ao elemento  $i$ . A nota  $E_i$  atribuída ao elemento estratégico  $i$  no plano em foco será dada pelo produto do fator  $F_i$  por  $n_i^+$ , como mostra a Equação 3. Observe-se que a definição formal do modelo explicita para  $E_i$  uma escala tipo-Likert (medição de grau de intensidade com que o elemento se faz presente no plano) definida entre 0 e  $N$ , que se constrói a partir do escalonamento de Thurstone aplicado a cada afirmativa singular.

$$E_i = F_i * n_i^+ \quad (3)$$

Para o caso ora exposto, tem-se que  $R = 13$  e  $N = 6$ . Assim, para um elemento subdividido em 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 afirmativas, o valor de  $F_i$  resultaria igual a 6; 3; 2; 1,5; 1,2 ou 1, respectivamente. A título de exemplo, se  $n_i = 4$ ,  $F_i = 1,5$  e  $E_i = 3$  quando  $n_i^+ = 2$ .

Assim calculados os valores de  $E_i$ , o potencial transformador  $T^s$  do plano em avaliação, expresso em porcentagem, é dado pelo produto escalar do vetor  $\mathbf{E}_i = (E_1, \dots, E_R)$  por um vetor de pesos  $\mathbf{W}^s = (W_1^s, \dots, W_R^s)$  previamente definido, normalizado por  $100/N$ , como na Equação 4:

$$T^s = (100/N) \sum_{i=1}^R E_i W_i^s \quad (4)$$

Ou seja,  $T^s$  é obtido na forma da média ponderada dos  $E_i$  pelos valores  $W_i^s$  (pesos dos elementos provenientes dos vetores do conjunto  $S = \{\text{“pontos”}, \text{“p=1”}, \text{“p=2”}, \text{“AHP”}\}$  –, multiplicando-se por  $100/N$  com o fim de se chegar a valores no intervalo  $[0\%; 100\%]$ .

### 3. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

Os dois métodos foram aplicados a planos locais de mobilidade, com amostragem intencional, ancorada na facilidade de sua obtenção. Selecionou-se primeiramente planos já avaliados por Santos e Magalhães (2016) – Joinville (SC) – e/ou por Amorim (2019): Joinville (SC); Ipojuca (PE); Olinda (PE); e Serra Talhada (PE). Avaliaram-se ainda os planos de: Aracajú (SE); Fortaleza (CE); Macaé (RJ); Belo Horizonte (MG); Parnamirim (RN); e São Gonçalo do Amarante (RN). É sabido que o Brasil possui 5.570 municípios. O abrangente estudo de Carneiro (2018) constatou que desses, 3.342 são instados a elaborar respectivos planos de mobilidade urbana pela PNMU, dos quais apenas 175 declaravam possuir PMMUs. Entretanto, apenas noventa planos foram localizados. Sendo assim, a amostra de dez planos equivale a cerca de 11% dos localizados e de 6% dos declarados.

#### 3.1. Aplicação do Método de Conformidade dos PMMUs com a PNMU

O método de avaliação de conformidade proposto por Santos e Magalhães (2016) foi aplicado aos dez municípios referidos, com os resultados que se apresentam na Tabela 1, em que as células da última linha, “MA Final normalizada”, são iguais ao cociente das correspondentes células da linha “MA Final” pelo valor máximo do coeficiente de conformidade, ou seja, 5.

**Tabela 1:** Avaliação de Conformidade dos planos de mobilidade

Grupos	Planos*										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
MACT	I	2,60	2,60	4,20	2,60	2,80	3,40	2,20	3,80	5,00	4,20
	II	4,50	4,67	4,17	3,33	4,00	3,50	4,67	3,17	5,00	4,67
	III	4,00	5,00	5,00	4,50	4,25	3,75	3,00	4,00	5,00	5,00
	IV	0,14	4,43	5,00	0,71	3,57	3,43	1,71	3,29	5,00	4,71
	V	2,93	3,86	4,86	2,86	3,36	3,36	2,86	3,64	4,29	4,36
	VI	0,00	2,33	5,00	0,33	2,17	1,0	4,67	0,67	3,67	3,33
	VII	n.a.	5,00	5,00	5,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	5,00
MA Final	2,36	3,98	4,75	2,76	3,02	3,06	3,44	3,08	4,71	4,47	
Situação do plano**	Rep.	Exi.	Apr.	Rep.	Exi.	Exi.	Exi.	Exi.	Apr.	Apr.	
MA Final normalizada	0,472	0,796	0,950	0,552	0,604	0,612	0,688	0,616	0,942	0,894	

\*(1) Serra Talhada - PE; (2) Joinville - SC; (3) Olinda - PE; (4) Ipojuca - PE; (5) Aracajú - SE; (6) Fortaleza - CE; (7) Macaé - RJ; (8) Belo Horizonte - MG; (9) Parnamirim - RN; e (10) São Gonçalo do Amarante (RN).

\*\* (Rep.) Reprovado; (Exi.) Em exigência; (Res.) Aprovado com ressalvas; e (Apr) Aprovado.

Analisando a Tabela 1, conclui-se que, dos dez planos avaliados, nenhum ficou na situação “aprovado com ressalvas” e apenas os planos de Olinda (PE), Parnamirim (RN) e São Gonçalo do Amarante (RN) resultaram aprovados, com média (MACT) de todos os grupos, e consequentemente, média final superior a 3,0. Os planos de Serra Talhada (PE) e Ipojuca (PE) foram reprovados, pois independente da média de cada grupo, apresentaram média final inferior a 3,0. Por fim, cinco planos caem “em exigência”, pois obtiveram média final superior a 3,0 mas, em pelo menos um grupo, registram MACT inferior a 2,5, condicionando suas aprovações à análise e correção dos problemas identificados.

### 3.2. Aplicação do Método do Potencial Transformador

O método do potencial transformador proposto por Amorim (2019) aplicado aos planos da amostra deu origem às avaliações constantes da Tabela 2. Nela, é possível constatar o grau de intensidade ( $\sum_{i=1}^{i=R} E_i W_i^S$ ) atribuído aos planos por cada um dos vetores de pesos  $W^S$ ; multiplicando-se o grau de intensidade por  $100/N$ , conforme a Equação 4, apresentada na subseção 2.2, chega-se ao valor do potencial transformador  $T^S$  de cada plano.

O método proposto por Amorim (2019) não identifica uma faixa aceitável de potencial transformador, portanto não é consistente afirmar que um plano tenha ou não potencial transformador. Contudo, os dados da Tabela 2 permitem identificar planos com maior ou menor capacidade de transformar a mobilidade da cidade na direção do desenvolvimento sustentável.

**Tabela 2:** Avaliação do potencial transformador dos planos de mobilidade

Planos	Vetores de pesos							
	P = 1		P = 2		AHP		Pontos	
	Grau	$T^S$	Grau	$T^S$	Grau	$T^S$	Grau	$T^S$
Serra Talhada (PE)	2,07	34,46%	2,12	35,35%	1,98	33,00%	2,10	34,97%
Joinville (SC)	4,72	78,64%	4,70	78,39%	4,75	79,20%	4,75	79,08%
Olinda (PE)	5,03	83,88%	5,08	84,69%	5,00	83,31%	5,06	83,75%
Ipojuca (PE)	3,67	61,24%	3,85	64,18%	3,51	58,51%	3,63	60,49%
Aracaju (SE)	3,89	64,81%	3,92	65,34%	3,88	64,63%	3,90	65,05%
Fortaleza (CE)	4,47	74,43%	4,65	77,55%	4,28	71,39%	4,43	73,90%
Macaé (RJ)	4,46	74,32%	4,36	72,60%	4,58	76,40%	4,53	75,45%
Belo Horizonte (MG)	3,76	62,64%	3,92	65,41%	3,59	59,90%	3,73	62,17%
Parnamirim (RN)	5,89	98,22%	5,92	98,60%	5,87	97,75%	5,89	98,12%
São Gonçalo do Amarante (RN)	4,85	80,88%	4,88	81,34%	4,81	80,14%	4,87	81,21%

Destacam-se os planos de Olinda (PE), Parnamirim (RN) e São Gonçalo do Amarante (RN) como sendo os três de maior potencial transformador, apresentando percentuais superiores a 80% em qualquer um dos quatro vetores. Já os planos de Joinville (SC), Aracaju (SE), Fortaleza (CE) e Macaé (RJ) apresentam potencial transformador entre 60% e 80%. Em uma outra faixa estão os planos de Ipojuca (PE) e Belo Horizonte (MG) que obtiveram, na maioria dos vetores, percentuais entre 60% e 70%, sendo exceção ao vetor de pesos referente ao AHP que apresenta percentuais um pouco abaixo dos 60%. Por fim, em uma última faixa de potencial transformador, encontra-se o plano de Serra Talhada (PE), com valores entre 30% e 40%.

### 4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS RESULTADOS

Concluídas as avaliações de conformidade e de potencial transformador dos dez planos, procedeu-se às análises estatísticas hábeis para dar resposta às questões orientadoras do trabalho. Em primeiro lugar, foram realizados testes com vistas a verificar se os resultados de conformidade e de potencial transformador conformam amostras proveniente de populações normais. Foram utilizados, com nível de significância  $\alpha = 0,05$ , os testes de Shapiro-Wilk, d'Agostino-Pearson, Anderson-Darling e Jarque-Bera (resultados na Tabela 3), os quais verificam a hipótese de normalidade segundo distintas abordagens (Thode, 2002).

Na Tabela 3, para cada teste, são apresentadas as estatísticas calculadas, o valor crítico das estatísticas, o p-valor ( $\chi^2$ , para o Jarque-Bera) e a decisão de manter a hipótese de normalidade dos dados. Pode-se verificar que a hipótese de normalidade é mantida para todos os vetores de dados, em todos os testes.

**Tabela 3:** Resultados dos testes de normalidade ( $\alpha = 0,05$ )

Testes	Resultados	Conf.	"p = 1"	"p = 2"	AHP	Pontos
Shapiro-Wilk ( $E_{\min} = 0,842$ )	Estatística	0,909	0,939	0,925	0,950	0,946
	p-valor	0,273	0,547	0,396	0,666	0,622
	Normal?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
d'Agostino- Pearson ( $E_{\max} = 5,991$ )	Estatística	1,935	3,386	4,291	2,652	3,010
	p-valor	0,380	0,184	0,117	0,266	0,222
	Normal?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Anderson-Darling ( $E_{\max} = 0,685$ )	Estatística	0,522	0,371	0,432	0,322	0,339
	p-valor	0,184	0,423	0,305	0,547	0,501
	Normal?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Jarque-Bera ( $E_{\max} = 5,991$ )	Estatística	1,022	2,633	3,630	1,886	2,240
	Valor $\chi^2$	0,600	0,268	0,163	0,389	0,326
	Normal?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Atestada a não-rejeição da hipótese de normalidade dos dados, o que dá condições para a utilização de testes paramétricos de correlação, os vetores de dados foram analisados par a par, mantendo-se em cada combinação o vetor resultante da análise de conformidade. Além do coeficiente de correlação de Pearson (teste t), foram usados os coeficientes não-paramétricos de correlação de ordem (postos) de Spearman e de Kendall. Os resultados para os quatro pares de vetores de dados estão mostrados na Tabela 4, na qual, para cada teste, destacam-se os coeficientes calculados, o valor crítico dos coeficientes, o p-valor e a decisão sobre se é significativa a rejeição da hipótese nula de que os vetores são absolutamente independentes (correlação nula).

**Tabela 4:** Resultados das análises de correlação ( $\alpha = 0,05$ )

Tipos de coeficientes	Resultados	Conf. vs. "p = 1"	Conf. vs. "p = 2"	Conf. vs. AHP	Conf. vs. Pontos
Pearson Teste t ( $C_{\min} = 0,497$ )	Coeficiente	0,879	0,860	0,886	0,883
	p-valor	4E-4	7E-4	3E-4	3E-4
	Significância	Sim	Sim	Sim	Sim
Spearman ( $C_{\min} = 0,564$ )	Coeficiente	0,927	0,951	0,951	0,951
	p-valor	0,5E-4	0,1E-4	0,1E-4	0,1E-4
	Significância	Sim	Sim	Sim	Sim
Kendall ( $C_{\min} = 0,551$ )	Coeficiente	0,822	0,867	0,867	0,867
	p-valor	4E-4	2E-4	2E-4	2E-4
	Significância	Sim	Sim	Sim	Sim

Verifica-se que todas as correlações analisadas são significantes, o que implica na constatação de que as duas variáveis (nível normatizado de conformidade e potencial transformador) estão associadas. Foram utilizados testes unicaudais, implicando em que as variáveis estão positivamente correlacionadas, e em valores superiores a 0,8, indicando forte correlação.

Particularmente importante é o fato de os valores do coeficiente de correlação de Pearson superarem 0,85, uma vez que permite formular a hipótese de que tal correlação positiva seja linear. Nesse sentido, os quatro pares de vetores foram analisados por meio de regressão linear. Foram testadas as formulações  $Y = a + bX$  e  $Y = cX$ . A especificação funcional com intercepto nulo trouxe melhores resultados, já que os intervalos de confiança para o coeficiente linear da primeira especificação incluíam sistematicamente o ponto 0. Os resultados da regressão linear estão mostrados na Tabela 5, para os quatro pares de vetores.

**Tabela 5:** Análises de regressão linear com intercepto nulo ( $\alpha = 0,05$ )

Resultados	Conf. vs. “p = 1”	Conf. vs. “p = 2”	Conf. vs. AHP	Conf. vs. Pontos
Coefficiente angular	0,995	1,007	0,984	0,996
R <sup>2</sup> ajustado	0,987	0,985	0,987	0,987
Valor p	6E-10	9E-10	5E-10	5E-10
Significância	Sim	Sim	Sim	Sim
DFFITS  <sub>max</sub>	0,666	0,631	0,641	0,701
(Distância de Cook) <sub>max</sub>	0,196	0,180	0,185	0,211

Observe-se a análise do módulo de DFFITS e o valor da distância de Cook: essas são sempre inferiores a 1, o que permite afirmar, respectivamente, que não há observações autoinfluentes nem influenciadoras da regressão (Gujarati, 2000). Por outro lado, dado que os coeficientes angulares variam em torno da unidade entre +0,007 e -0,016, os resultados da análise de regressão reforçam a validade da hipótese de estrita associação entre as variáveis.

## 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das análises estatísticas, exibidos nas Tabelas 3 a 5, permitem voltar às questões orientadoras do estudo, quais sejam: (i) PMMUs que apresentam elevados níveis de conformidade registram elevados potenciais transformadores?; (ii) é possível afirmar que a efetivação da PNMU em PMMUs, a ela conformes e consistentes com as melhores práticas, é potencialmente capaz de transformar as condições de mobilidade urbana no sentido do desenvolvimento sustentável?

Quanto à primeira dessas perguntas, os elevados coeficientes de correlação positivos (Tabela 4), assim como os resultados das análises de regressão linear (Tabela 5) apontam para uma resposta afirmativa. É relevante destacar que os métodos de avaliação utilizados têm naturezas distintas e, assim sendo, os resultados de alta correlação entre os dados deles provenientes reforçam a existência de uma articulação entre conformidade e potencial transformador.

No que tange à segunda pergunta, faz-se necessário a construção de um argumento um tanto mais complexo. Definida a Política Nacional, espera-se da elaboração do plano municipal que a ele internalize princípios, diretrizes gerais e setoriais, bem como os objetivos da PNMU, traduzidos “conforme o contexto e as especificidades do município” (Brasil, 2015 – p. 146). O método de análise de conformidade proposto por Santos e Magalhães (2016) avalia em que nível de fidelidade se dá essa internalização, ou tradução. Já o método de avaliação do potencial transformador afere em que medida um plano incorporou na sua elaboração os elementos estratégicos relevantes, de acordo com as melhores práticas de planejamento da mobilidade para o desenvolvimento urbano sustentável.

Portanto, o potencial transformador pode ser visto como uma medida de consistência do plano. E o fato de as análises estatísticas realizadas neste artigo terem apontado para uma vigorosa correlação positiva entre conformidade e consistência sustenta a afirmação de que a Política Nacional de Mobilidade Urbana tem potencial para transformar a realidade das cidades brasileiras na direção do desenvolvimento urbano sustentável.

Isso posto, acredita-se que este artigo possa desempenhar o papel de reforçar na sociedade brasileira a credibilidade da PNMU, levando os atores sociais a posicionar-se nos municípios e áreas metropolitanas em prol da elaboração de planos locais/regionais em conformidade com a Lei Federal nº. 12.587/2012 e elaborados segundo metodologias e práticas já provadas como exitosas, tanto em plano nacional como internacional.

Para além do mero cumprimento de uma exigência legal para que se pleiteiem recursos federais para o campo da mobilidade urbana, as pressões dos atores sociais deverão dar suporte à inserção da mobilidade urbana nas agendas políticas locais e a um esforço das gestões municipais no sentido da efetivação em plano local da PNMU.

Por fim, os autores acreditam que deixam com este trabalho uma pequena contribuição aos profissionais e empresas envolvidas na elaboração de planos municipais de mobilidade urbana, no sentido de adoção de metodologias e técnicas que acatem os dispositivos legais, acerquem-se às práticas exitosas e incorporem elementos estratégicos mais relevantes.

## REFERÊNCIAS

- Amorim, I. (2019). *Avaliação do potencial de planos de mobilidade urbana para o desenvolvimento sustentável de cidades e regiões metropolitanas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Apanovitch, A.; V. Champany; M. Wilson; H. Emam; K. Ruiz; K. Borrup e G. Lapidus (2015). *Permission to park: a statewide study of high school parking permits to determine compliance with graduated driver licensing law*. Journal Trauma Acute Care Surgery, v. 79, n. 3, p. S29–S32.
- Bandeira, M. (2008). *Análise do nível de serviço em terminais de passageiros aeroportuários*. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação do Curso de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, ITA, São José dos Campos.
- Banister, D. (2008). *The sustainable mobility paradigm*. Transport Policy v. 15, p. 73–80.
- Bermudes, W., Santana, B., Braga, J., Souza, P. (2016). *Tipos de escalas utilizadas em pesquisas e suas aplicações*. Vértices, v.18, n.2, p. 7-20.
- Brasil (2012). *Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012*. Brasil.
- Brasil (2015). *Caderno de referência para elaboração de planos de mobilidade urbana – Planmob*. Ministério das Cidades. Brasília.
- Carneiro, F. (2018). *Análise de planos de mobilidade urbana sob a ótica da segurança no trânsito*. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Programa de Pós Graduação em Transportes, Universidade de Brasília.
- Castillo, H. e Pitfield, D. (2010). *ELASTIC – A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators*. Transportation Research Part D, v. 15, p. 179–188.
- Gillis, D., Semajski, I. e Lauwers, D. (2016). *How to Monitor Sustainable Mobility in Cities? Literature Review in the Frame of Creating a Set of Sustainable Mobility Indicators*. Sustainability, v. 8, p. 29-59
- Gujarati, D. N. (2000). *Econometria Básica*. Ed. 3, Makron Books, São Paulo.
- Hodge, D. R., Gillespie, D. (2003). *Phrase completions: an alternative to Likert scales*. Social Work Research, v. 27, n. 1, p. 45-55.
- Kane, M. e Whitehead, J. (2017). *How to ride transport disruption – a sustainable framework for future urban mobility*. Journal Australian Planner, v. 54, n. 3, p. 177-185.
- Magalhães, I., Leão, L.; Andrade, M., e Santos, E. (2018a). *Políticas de transporte relevantes para alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável no nordeste brasileiro*. XX Congresso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano – CLATPU 2018, Medellín. Libro de Actas [...]. Medellín: CLATPU.
- Magalhães, I., Meira, L., Santos, E. (2018b). *Elementos estratégicos de políticas públicas sustentáveis capazes de transformar a mobilidade das cidades brasileira*. XXXII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte – ANPET 2018. Anais [...]. Gramado: ANPET.
- Magalhães, I., Rabay, L., Maia, M., e Santos, E. (2017). *Dimensões e medidas atribuídas ao transporte sustentável: de Brundtland a Banister*. XXXI Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte – ANPET 2017. Anais [...]. Recife: ANPET.
- Mansourianfar, M. e Haghshenas, H. (2018). *Micro-scale sustainability assessment of infrastructure projects on urban transportation systems: case study of Azadi district, Isfahan, Iran*. Cities, v. 72, p. 149–159.
- Mozos-Blanco, M. A., Pozo-Menéndez, E., Arce-Ruiz, R., e Baucells-Aletà, N. (2018). *The way to sustainable mobility. A comparative analysis of sustainable mobility plans in Spain*. Transport Policy, v. 72, p. 45-54.
- Mugion, R., Toni, M., Raharjo, H., Pietro, L., e Sebatu, S. (2018). *Does the service quality of urban public transport enhance sustainable mobility?* Journal of Cleaner Production, v. 174, p. 1566-1587.
- Nguyen, H. T.; J. Passmore; P. V. Cuong e N. P. Nguyen (2013). *Measuring compliance with Viet Nam's mandatory motorcycle helmet legislation*. International Journal of Injury Control and Safety Promotion, v. 20, n. 2, p. 192–196.
- ONU (2015). *Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015*. Agenda 2030. Nações Unidas.

- ONU (2016a). *New Urban Agenda*. Habitat III. Quito.
- ONU (2016b). *Mobilizing for development*. Analysis and Policy Recommendations from the United Nations Secretary-General's High-Level Advisory Group on Sustainable Transport. Nova York.
- ONU (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Nações Unidas.
- Papagiannakis, A., Baraklianos, I., Spyridonidou, A. (2018). *Urban travel behaviour and household income in times of economic crisis: Challenges and perspectives for sustainable mobility*. *Transport Policy*, v. 65, p. 51–60.
- Saaty, T. (2009). *Principia Mathematica Decernendi*. Mathematical Principles of Decision Making. RWS Pubs., Pittsburgh.
- Santos, E. e Magalhães, I. (2016). *Proposição de um método de avaliação de conformidade dos planos municipais de mobilidade urbana com a lei 12.587/2012*. XXX Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte – ANPET 2018. Anais [...]. Rio de Janeiro: ANPET.
- Shiau, T. e Liu, J. (2013). *Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies*. *Ecological Indicators*, v. 34, p. 361– 371.
- Stephenson, J., Spector, S., Hopkins, D., Mccarthy, A. (2018). *Deep interventions for a sustainable transport future*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v.61, p. 356–372.
- Thode, H. (2002) *Testing for normality*. Marcel Bekker Inc., New York.
- WCED (1987). *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development. Oxford Univ. Press.

---

Isabel Magalhães (magalhaesbel@yahoo.com.br)

Enilson Santos (enilson@supercabo.com.br)

Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Av. Sen. Salgado Filho, 3000 – Candelária, Natal, RN, Brasil

Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil