



ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO AMBIENTAL

DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE COLETA SELETIVA DAS CAPITALS BRASILEIRAS

Ricardo César da Silva Guabiroba (ricardocesar@id.uff.br), Pedro Roberto Jacobi (prjacobi@gmail.com), Kauê Lopes dos Santos (kauegeo@gmail.com)

Universidade de São Paulo - USP

RESUMO

A avaliação de desempenho visa auxiliar o processo de tomada de decisão ao proporcionar a comparação entre elementos com diferentes níveis de sucesso no campo da gestão. No que tange os sistemas de coleta seletiva, há relevância desta abordagem em virtude desses sistemas ainda serem bastante incipientes no Brasil. Neste sentido, este estudo tem como objetivo comparar o desempenho dos sistemas de coleta seletiva das capitais brasileiras de modo a verificar se o desempenho está associado ao pertencimento a alguma região com maior ou menor desenvolvimento econômico e social. Este estudo estabelece ainda um objetivo secundário voltado a verificar se existem tendências de correlação entre os indicadores de desempenho considerando grupos de capitais que mais coletam e mais recuperam resíduos recicláveis. Para alcançar esses objetivos, este estudo utilizou-se de um método composto por três etapas. Entre as conclusões é possível citar: não é possível generalizar que os sistemas de coleta seletiva das regiões sul e sudeste são melhores do que os sistemas das regiões nordeste e centro-Oeste; São Paulo – SP encontra-se em grupo que apresenta baixo desempenho, juntamente com todas as capitais da região norte; e no grupo de capitais que chegaram a coletar mais de 8 kg/(hab. x ano), quanto maior a quantidade de resíduos recicláveis coletados, maior e a taxa de recuperação desses resíduos, o que é um indicativo de que sistemas mais estruturados e com maior potencial de coleta podem também garantir taxas maiores de recuperação.

Palavras-chave: coleta seletiva; desempenho; indicadores.

SELECTIVE COLLECTION SYSTEMS PERFORMANCE IN BRAZILIAN CAPITALS

ABSTRACT

Performance evaluation aims to assist the decision-making process by providing a comparison between elements with different levels of success in the field of management. With regard to selective collection systems, this approach is relevant because these systems are still quite incipient in Brazil. In this sense, this paper aims to compare the performance of selective collection systems in Brazilian capitals in order to verify whether the performance is associated with belonging to a region with greater or lesser economic and social development. This study also establishes a secondary objective aimed at verifying whether there are correlation trends between performance indicators considering groups of capitals that collect more and recover recyclable waste. To achieve these goals, this study used a method consisting of three steps. Among the conclusions, it is possible to mention: it is not possible to generalize that the selective collection systems in the south and southeast regions are better than the systems in the northeast and central-west regions; São Paulo – SP is in a group that presents low performance, together with all the capitals of the North region; and in the group of capitals that collected more than 8 kg/(inhabitant x year), the greater the amount of recyclable waste collected, the higher the recovery rate of such wastes, which is an indication that more structured and with greater collection potential can also ensure higher recovery rates.

Keywords: selective collect; performance; indicators.



1. INTRODUÇÃO

Considerando o processo de tomada de decisão em um determinado sistema – inserido em um contexto espaço-temporal particular – a avaliação de desempenho desse mesmo sistema é uma atividade de grande relevância, justamente por fornecer os subsídios necessário para uma tomada de decisão bem informada e responsável. Pode-se considerar que essa avaliação constrói um tipo de conhecimento que permite auxiliar o processo em questão justamente por trazer o contexto específico que se propõe a avaliar e, a partir disso, lança mão de atividades que identificam, organizam, mensuram ordinalmente e cardinalmente os critérios de avaliação, identificando o impacto do gerenciamento (ENSSLIN et al., 2015).

Nesse sentido, entende-se que a avaliação de desempenho da gestão de resíduos sólidos no Brasil é uma tarefa de grande importância, sobretudo em função dos numerosos problemas socioambientais decorrentes da geração e gestão inapropriada de desses resíduos. De acordo com o relatório da ABRELPE (2020), entre 2010 e 2019, houve no país o aumento de 19% na geração total de resíduos sólidos urbanos, o que correspondeu a um crescimento de 9% per capita.

No que diz respeito à coleta regular, que representa a etapa inicial fundamental para viabilizar um sistema adequado de gestão de resíduos, o Brasil ainda apresenta déficit na abrangência desses serviços (92% de cobertura) e 6,3 milhões de toneladas por ano seguem abandonadas no meio ambiente. Além disso, a disposição inadequada ainda está presente em todas as regiões do país, tendo aumentado 16%. Tem-se, assim, que uma situação que pode impactar diretamente a saúde de 77,65 milhões de pessoas.

No que tange a coleta seletiva, o relatório da ABRELPE (2020) aponta que as iniciativas ainda são bastante incipientes, e a ausência de separação dos diferentes tipos de resíduos reflete na sobrecarga do sistema de destinação final e na extração de recursos naturais, muitos já próximos do esgotamento. A consequência direta disto são os índices de coleta seletiva para reciclagem que, nesses dez anos da Lei nº 12.305, permanecem em patamares inferiores a 4% na média nacional. Apesar de várias iniciativas para alavancar o setor e viabilizar o aproveitamento dos resíduos recicláveis, os índices de reciclagem continuam estagnados, o que demonstra a fragilidade dos sistemas de coleta seletiva com a inexistência de um mercado estruturado para absorver os resíduos.

Neste contexto se insere este estudo que aborda o desempenho dos sistemas de coleta seletiva das capitais brasileiras. Algumas questões serão respondidas, como: é possível generalizar que os sistemas de coleta seletiva das regiões sul e sudeste apresentam melhor desempenho em comparação com o desempenho das regiões norte, nordeste e centro-Oeste? As capitais da região sudeste apresentam melhor desempenho em relação às capitais da região nordeste? Há correlação indicativa de possível relação de causa e efeito entre indicadores relativos à quantidade recolhida de resíduos recicláveis e o percentual de recuperação desses resíduos? Essa correlação é positiva indicando que quanto mais se coleta maior a taxa de recuperação?

2. OBJETIVO

- O objetivo principal deste estudo é comparar o desempenho dos sistemas de coleta seletiva das capitais brasileiras de modo a verificar se o desempenho está associado ao pertencimento a alguma região com maior ou menor desenvolvimento econômico e social.
- O objetivo secundário deste estudo é verificar se existem tendências de correlação entre os indicadores de desempenho considerando grupos de capitais que mais coletam e mais recuperam resíduos recicláveis. A existência de correlação revela indício de existência de relação de causa e efeito entre os indicadores.

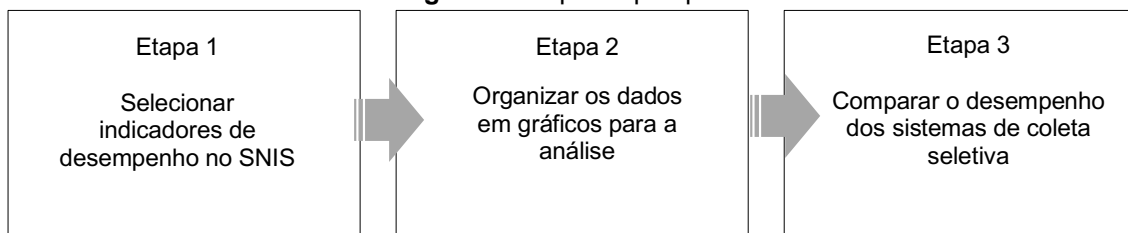
3. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas (Figura 1). A primeira etapa teve o intuito de selecionar os indicadores para realizar a análise de desempenho. Foi estabelecida como premissa deste estudo a escolha de dois indicadores: massa per capita recolhida via coleta seletiva em kg/(hab. x ano) e percentual da massa recolhida efetivamente recuperada. A quantidade de resíduos



recicláveis recolhida é o produto do sistema de coleta seletiva. No entanto, não é necessário apenas recolher esses resíduos. É necessário ainda recuperar que trata da efetiva reciclagem e recuperação do valor dos resíduos que seria descartado em aterros sanitários ou até vazadouros a céu aberto. Esses indicadores com seus devidos valores para cada município brasileiro são disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2019). Os dados levantados pelo SNIS (2019) são do ano de 2019. Neste levantamento, 3.712 cidades responderam de um total de 5.570 municípios brasileiros, o que corresponde a 67% do total.

Figura 1. Etapa da pesquisa



Fonte: elaborado pelos autores.

Na etapa 2, os dados disponibilizados pelo SNIS (2019) referentes às 27 capitais brasileiras foram organizados em gráficos. Na análise gráfica, buscou-se organizar as capitais em 4 grupos. Para isto, calculou-se a média do indicador “massa per capita recolhida via coleta seletiva” para estabelecer o grupo com valor do indicador acima e abaixo da média. Da mesma maneira, calculou-se a média do indicador “percentual da massa recolhida efetivamente recuperada” para mesma finalidade. Assim, foi possível identificar capitais acima da média dos dois indicadores, abaixo da média dos dois indicadores, abaixo em um indicador e acima em outro e vice versa.

Na etapa 3, comparou-se o desempenho das capitais de modo a verificar se as capitais de melhor desempenho são apenas das regiões sul e sudeste e de modo a identificar correlação linear entre os indicadores dentro dos 4 grupos de capitais. A existência ou não de correlação linear é verificada com base no valor do coeficiente R^2 . Esse coeficiente pode ser obtido por meio das Equações 1 a 4 (HOFFMANN, 2016) ou obtido diretamente na construção do gráfico no Microsoft Excel. O coeficiente varia segundo seguinte intervalo: $-1 \leq R^2 \leq +1$. A Tabela 1 demonstra em quais faixas de R^2 a correlação é forte ou fraca ou simplesmente não há indícios de correlação.

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2 \tag{1}$$

$$S_{yy} = \sum y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum y_i)^2 \tag{2}$$

$$S_{xy} = \sum x_i y_i - \frac{1}{n} (\sum x_i)(\sum y_i) \tag{3}$$

$$R^2 = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} * S_{yy}}} \tag{4}$$

Em que:

R^2 : coeficiente de correlação linear;

S_{xx} : desvio padrão do indicador x;

S_{yy} : desvio padrão do indicador y;

S_{xy} : covariância dos indicadores x e y;

x_i : indicador x de cada capital i;

y_i : indicador y de cada capital i;

n: número de capitais.



Tabela 1. Valores dos indicadores de desempenho utilizados

Intervalo de R ²	Tipo de correlação	Interpretação
$0 \leq R^2 \leq 0,10$	Não há correlação	Grande dispersão e ausência de padrão linear
$0,10 \leq R^2 \leq 0,29$	Correlação fraca	Há dispersão com algum padrão linear
$0,30 \leq R^2 \leq 0,49$	Correlação moderada	Há menos dispersão com algum padrão linear
$0,50 \leq R^2 \leq 1,00$	Correlação forte	Há pouca dispersão dos pontos no gráfico

Fonte: elaborado pelos autores com base em FIGUEIREDO FILHO e SILVA JUNIOR (2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da etapa 1 da pesquisa: apresenta os indicadores selecionados e seus valores para cada capital brasileira. Destaca-se que duas capitais da região Norte não realizam a coleta seletiva: Boa Vista (RR) e Macapá (AP).

Tabela 2. Valores dos indicadores de desempenho utilizados na análise

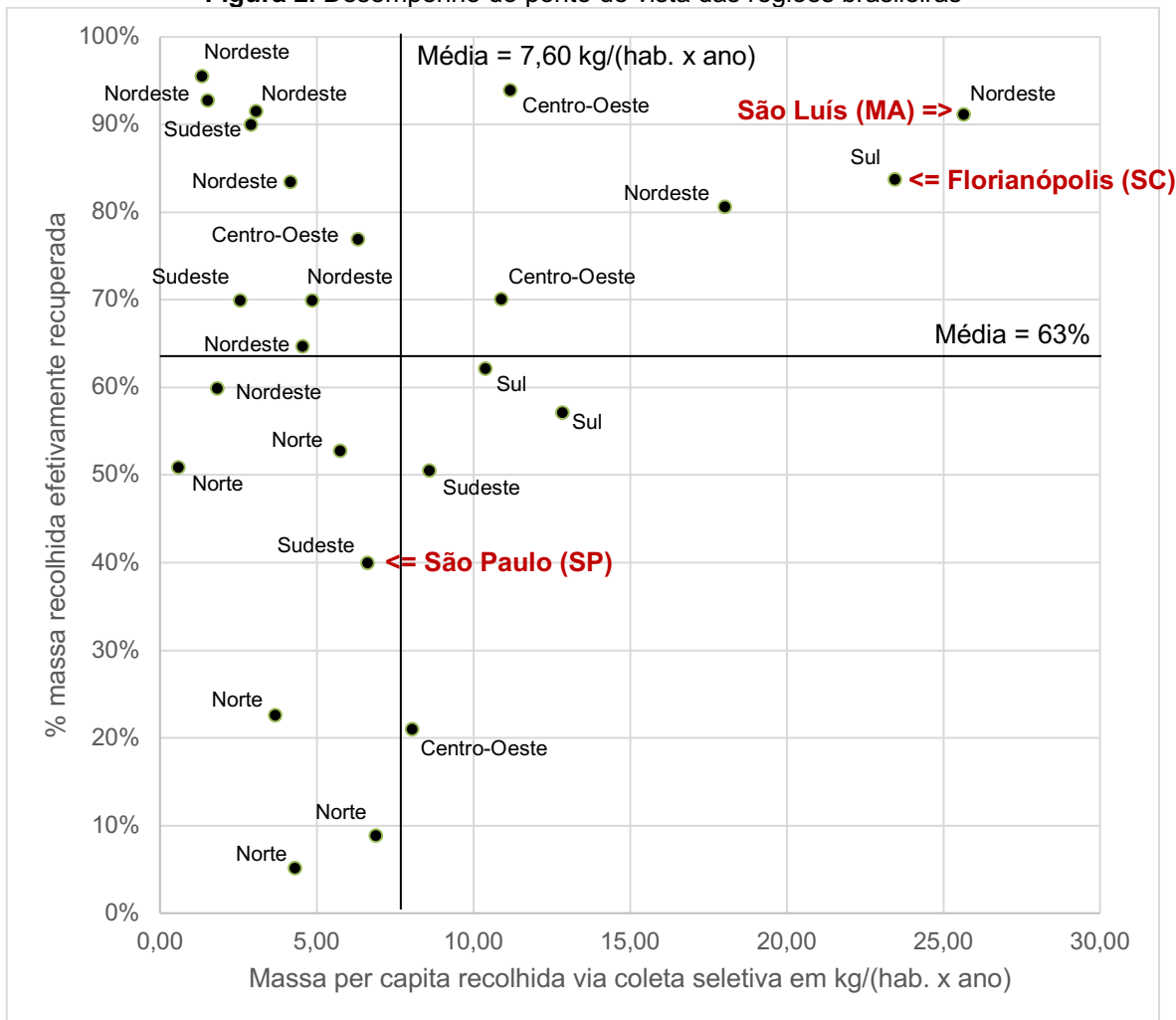
	Capital	UF	Região	Existência de coleta seletiva	Massa per capita recolhida via coleta seletiva em kg/(hab. x ano)	% massa recolhida efetivamente recuperada
1	Aracaju	SE	Nordeste	sim	4,56	65%
2	Belém	PA	Norte	sim	6,88	9%
3	Belo Horizonte	MG	Sudeste	sim	2,90	90%
4	Boa Vista	RR	Norte	Não	NR	NR
5	Brasília	DF	Centro-Oeste	sim	11,18	94%
6	Campo Grande	MS	Centro-Oeste	sim	8,05	21%
7	Cuiabá	MT	Centro-Oeste	sim	6,32	77%
8	Curitiba	PR	Sul	sim	10,38	62%
9	Florianópolis	SC	Sul	sim	23,45	84%
10	Fortaleza	CE	Nordeste	sim	3,06	92%
11	Goiânia	GO	Centro-Oeste	sim	10,89	70%
12	João Pessoa	PB	Nordeste	sim	18,02	81%
13	Macapá	AP	Norte	Não	NR	NR
14	Maceió	AL	Nordeste	sim	1,52	93%
15	Manaus	AM	Norte	sim	5,74	53%
16	Natal	RN	Nordeste	sim	4,16	83%
17	Palmas	TO	Norte	sim	4,31	5%
18	Porto Alegre	RS	Sul	sim	12,84	57%
19	Porto Velho	RO	Norte	sim	3,67	23%
20	Recife	PE	Nordeste	sim	1,82	60%
21	Rio Branco	AC	Norte	sim	0,59	51%
22	Rio de Janeiro	RJ	Sudeste	sim	2,56	70%
23	Salvador	BA	Nordeste	sim	4,85	70%
24	São Luís	MA	Nordeste	sim	25,65	91%
25	São Paulo	SP	Sudeste	sim	6,63	40%
26	Teresina	PI	Nordeste	sim	1,34	96%
27	Vitória	ES	Sudeste	sim	8,59	51%
	Média				7,60	63%

NR: não realiza a coleta seletiva segundo SNIS (2019). Fonte: elaborado pelos autores.



A Figura 2 apresenta os resultados da etapa 2 da pesquisa. Para realizar a análise, optou-se por apresentar os dados por meio de um gráfico de dispersão. Assim, cada ponto do gráfico representa uma capital brasileira. No gráfico da Figura 2, em cada ponto alocou-se a legenda da região de cada capital. O gráfico foi dividido em 4 regiões formando 4 grupos de capitais. A divisão se deu com base na média dos dois indicadores. A massa per capita média recolhida foi de 7,6 kg/(hab. x ano) e a porcentagem média de massa de resíduos recicláveis recuperada foi de 63%.

Figura 2. Desempenho do ponto de vista das regiões brasileiras



Fonte: elaborado pelos autores.

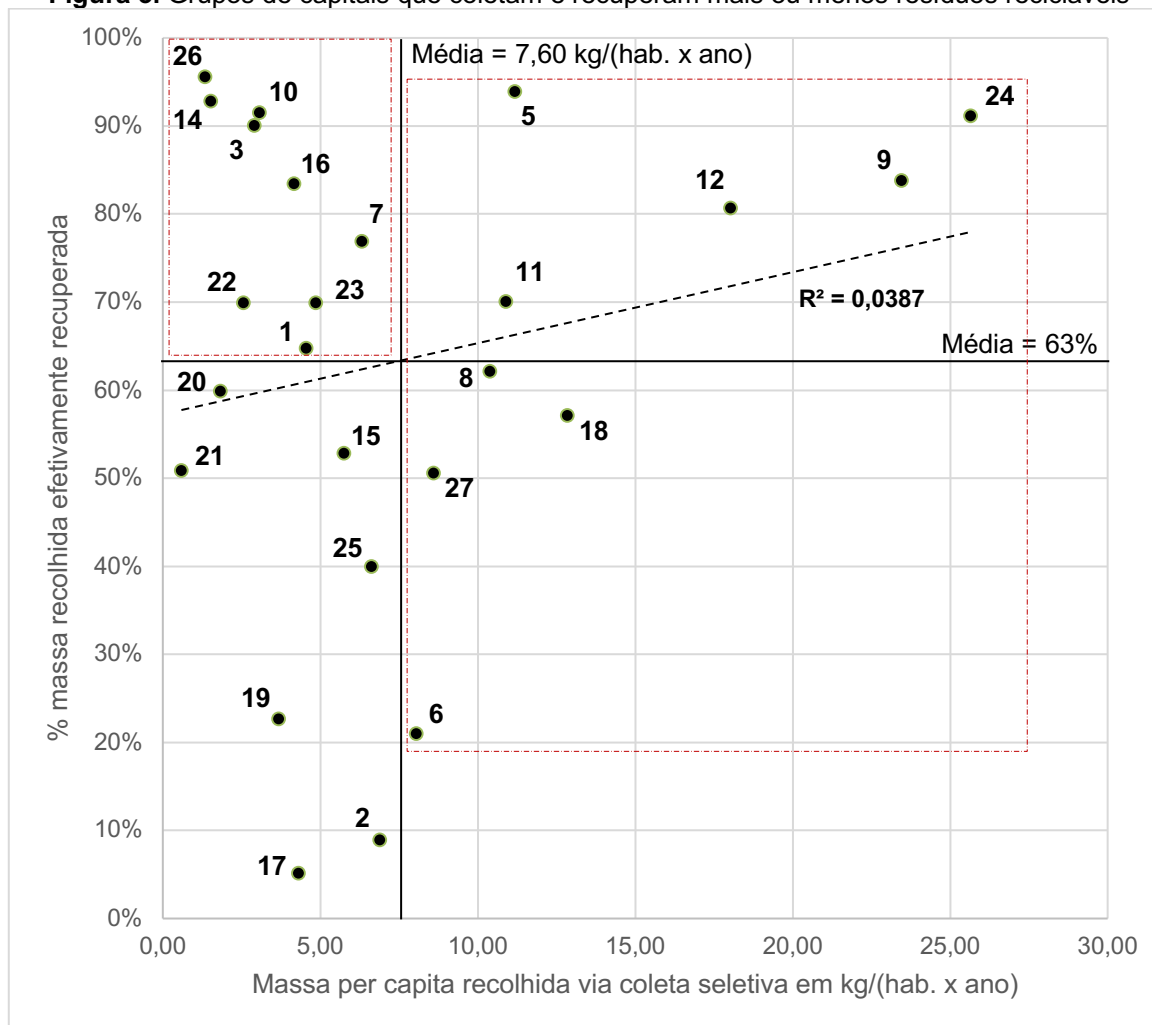
Com o apoio da Figura 2 e das Figuras de 3 a 5, é possível realizar a etapa 3 da pesquisa que trata da comparação de desempenho das capitais. O que se observa na Figura 2 é a predominância de capitais da região nordeste com taxa de recuperação acima de 63%. Há predominância de capitais da região norte no grupo com taxa de recuperação abaixo de 63% e abaixo da média de massa per capita recolhida. No caso das capitais da região sul, estas recolhem mais resíduos em comparação com a média das capitais, com destaque para Florianópolis (SC). Outro destaque é São Luís (MA) que apresenta o melhor desempenho dentre as capitais.

A Figura 3 apresenta cada uma das capitais. A partir do gráfico de dispersão, foi possível inserir a linha de tendência e obter o valor do coeficiente R^2 de correlação. O valor obtido foi de 0,0387. Segundo a Tabela 1, esse valor indica que não há correlação entre esses dois indicadores quando se analisa todo o conjunto de dados da Tabela 2. Contudo, quando se observa o gráfico em cada



um dos 4 grupos ou quadrantes formados pelas médias dos dois indicadores, verifica-se possível tendência linear no grupo de capitais com massa per capita recolhida abaixo da média e taxa de recuperação de resíduos recicláveis acima de média; e verifica-se possível tendência linear no grupo de capitais com massa per capita recolhida acima da média.

Figura 3. Grupos de capitais que coletam e recuperam mais ou menos resíduos recicláveis



Legenda: (1) Aracaju (SE); (2) Belém (PA); (3) Belo Horizonte (MG); (4) Boa Vista (RR) – não realiza coleta seletiva; (5) Brasília (DF); (6) Campo Grande (MS); (7) Cuiabá (MT); (8) Curitiba (PR); (9) Florianópolis (SC); (10) Fortaleza (CE); (11) Goiânia (GO); (12) João Pessoa (PB); (13) Macapá (AP) – não realiza coleta seletiva; (14) Maceió (AL); (15) Manaus (AM); (16) Natal (RN); (17) Palmas (TO); (18) Porto Alegre (RS); (19) Porto Velho (RO); (20) Recife (PE); (21) Rio Branco (AC); (22) Rio de Janeiro (RJ); (23) Salvador (BA); (24) São Luís (MA); (25) São Paulo (SP); (26) Teresina (PI); (27) Vitória (ES).

Observação: Quadro pontilhado vermelho envolve dados com indicação de tendência linear.

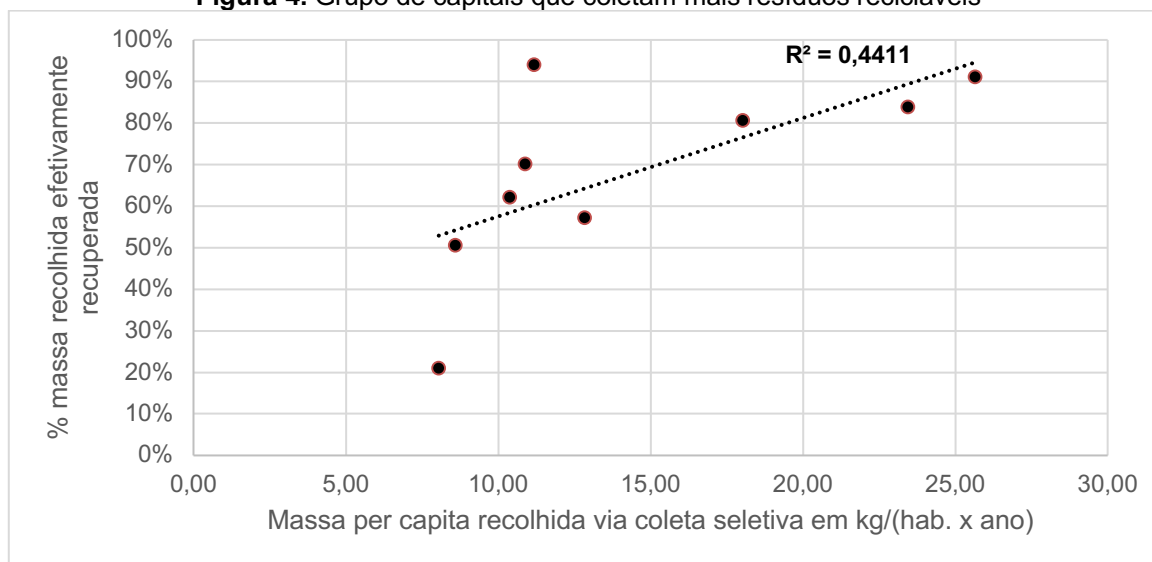
Fonte: elaborado pelos autores.

As Figuras 4 e 5 foram criadas para avaliar os dois casos de existência de possível tendência linear identificados por meio da Figura 3. A Figura 4 apresenta a linha de tendência e o R^2 igual a 0,4411. Segundo a Tabela 1, esse valor indica que há correlação moderada entre os dois indicadores. A existência de correlação entre os indicadores considerados não implica que necessariamente exista relação de causa e efeito entre eles. Essa relação é possível e pode ser investigada. No caso em estudo, tem-se a seguinte relação: no grupo de capitais que chegaram a coletar mais que 8 kg/(hab. x ano), quanto maior a quantidade de resíduos recicláveis coletados maior e a taxa de recuperação desses resíduos. Há assim indício de uma relação linear positiva (tendência linear crescente). Isto



pode indicar que sistemas mais estruturados e com maior potencial de coleta também estão estruturados para garantir taxas maiores de recuperação. Cabe destacar que esse sistema inclui elementos como educação ambiental, participação popular, inclusão social, investimento em tecnologia e compromisso dos agentes públicos e privados.

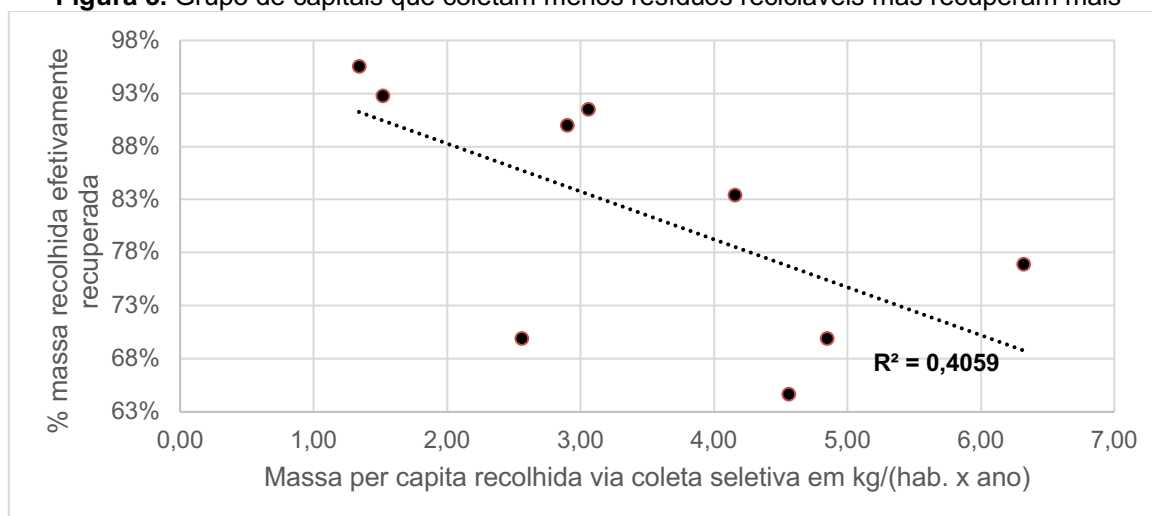
Figura 4. Grupo de capitais que coletam mais resíduos recicláveis



Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 5 apresenta a linha de tendência e o R^2 igual a 0,4059. Segundo a Tabela 1, esse valor indica que há correlação moderada entre os dois indicadores. Há indício de uma relação linear negativa (tendência linear decrescente). No caso em estudo, tem-se o indício da seguinte relação: quanto menor a quantidade de resíduos recicláveis coletados maior e a taxa de recuperação desses resíduos. Isto pode indicar facilidade do sistema para recuperar os resíduos recicláveis quando a quantidade coletada é baixa.

Figura 5. Grupo de capitais que coletam menos resíduos recicláveis mas recuperam mais



Fonte: elaborado pelos autores.

5. CONCLUSÃO

A partir da metodologia aplicada em três etapas (Figura 1), e a partir de dados secundários do SNIS (2019) foi possível chegar às seguintes conclusões com base nos indicadores considerados:

www.firs.institutoventuri.org.br



- Não é possível generalizar que os sistemas de coleta seletiva das regiões sul e sudeste são melhores que os sistemas das regiões nordeste e centro-oeste (Figura 2);
- Todas as capitais da região norte pertencem ao grupo com desempenho abaixo da média em ambos os indicadores - Boa Vista (RR) e Macapá (AP) nem realizam a coleta seletiva (Figura 2);
- Neste grupo com desempenho abaixo da média em ambos os indicadores está São Paulo – SP (Figura 2);
- A capital com melhor desempenho está localizada na região nordeste: São Luís (MA) (Figura 3);
- A única capital da região sudeste que se encontra em grupo acima da média do indicador de massa recolhida de resíduos recicláveis é Vitória (ES) (Figura 3);
- As três capitais da região sul encontram-se em grupo acima da média do indicador de massa recolhida de resíduos recicláveis (Figura 3);
- Quando se analisa o conjunto de dados de todas as capitais, verifica-se que os indicadores não apresentam correlação (Figura 3);
- No grupo de capitais que chegaram a coletar mais que 8 kg/(hab. x ano), há indício da seguinte relação: quanto maior a quantidade de resíduos recicláveis coletados maior e a taxa de recuperação desses resíduos (Figura 4).
- Quando se analisa o conjunto de dados do grupo de capitais com maior percentual de recuperação de resíduos recicláveis e menor massa recolhida via coleta seletiva, verifica-se que há indício da seguinte relação: quanto menor a quantidade de resíduos recicláveis coletados maior e a taxa de recuperação desses resíduos (Figura 5).

Cabe ressaltar que essas conclusões foram pautadas em premissas, como considerar que são verdadeiros os dados divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Esse sistema é alimentado com dados enviados pelas próprias prefeituras. Outra premissa diz respeito à análise de desempenho dos sistemas de coleta seletiva realizada a partir de apenas dois indicadores. A inserção de outros indicadores poderia modificar a avaliação de desempenho.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2020. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo – Brasil. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: 08 ago. 2021.

ENSSLIN, L., LACERDA, R. T. O., SOARES, M. A., LIMA, C. R. M. Avaliação de desempenho nas empresas de saneamento básico: construção de um portfólio bibliográfico relevante ao tema. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS, 4(1), p. 72-90, 2015.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, 18(1), p. 115-146, 2009.

HOFFMANN, Rodolfo. Análise de regressão: uma introdução à econometria. Piracicaba: O autor, 2016. 393 p.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnósticos SNIS 2019. Secretaria Nacional de Saneamento. Governo do Brasil. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em: 26 jul 2021.