

ANÁLISE DE PONTOS ESTRATÉGICOS PARA RECEBIMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS POR SISTEMAS DE LOGÍSTICA REVERSA NO CEARÁ ATRAVÉS DE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW)

Analysis of strategic points to receive unserviceable tires by reverse logistics systems in Ceará through Simple Additive Weighting (SAW)

Análisis de puntos estratégicos para la recepción de neumáticos inservibles por sistemas de logística inversa en Ceará mediante Simple Additive Weighting (SAW)

Gabriel F. M. Presente

MBA em Desenv. Sust. e Econ. Circular

orcid: [0000-0003-1139-778X](https://orcid.org/0000-0003-1139-778X)
ferdinando97@hotmail.com

Sarah Maia Pianowski

Especialista em Proj. e Gestão de Resíduos Sólidos

orcid: [0000-0002-0686-5166](https://orcid.org/0000-0002-0686-5166)
sarahpianowski@gmail.com

Viviane Gomes Monte

Mestre em Desen. e Meio Amb., pela Univ. Fed. do Ceará

orcid: [0009-0004-0109-6881](https://orcid.org/0009-0004-0109-6881)
viviane.gm.3@gmail.com

Magda Marinho Braga

Especialista em Direito Ambiental, pela Univ. Fed. do Ceará

orcid: [0000-0003-3456-8246](https://orcid.org/0000-0003-3456-8246)
magda.marinho@sema.ce.gov.br

Eduardo Ant. Maia Lins

Doutor em Eng. Civil, pela Univ. Fed. de Pernambuco

orcid: [0000-0002-9108-4179](https://orcid.org/0000-0002-9108-4179)
eduardomaialins@gmail.com

Resumo

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) possibilitou uma visão mais integrada da cadeia de resíduos, abordando a logística reversa, a responsabilidade compartilhada e o correto gerenciamento dos resíduos. Segundo o Relatório Pneumáticos 2020 do IBAMA, em 2019, apenas 15 municípios cearenses possuíam pontos de recebimento de pneus inservíveis. Frente a isso, o Governo do Ceará abriu o Edital de Chamamento nº 02/2020 para a implantação de sistemas de logística reversa de pneus inservíveis. Devido ao fato do serviço atender todos os municípios simultaneamente ser inviável financeiramente para o Estado, torna-se necessária a escolha de localidades estratégicas que consigam receber o maior número possível de pneumáticos e que possibilitem a efetividade do sistema. Diante disso, o presente trabalho objetiva verificar quais municípios são mais estratégicos para a implantação dos "Pontos de Coleta Centrais", considerando-se como parâmetros a frota de veículos, o número de habitantes e o tamanho da Central Municipal de Resíduos (CMR). Utilizou-se a ferramenta Simple Additive Weighting (SAW) com auxílio do software Excel para a verificação dos municípios preferíveis. Como resultado das avaliações, verificou-se quais os 3 municípios mais viáveis para servirem como "Pontos de Coleta Centrais" nos consórcios municipais de gestão de resíduos selecionados, utilizando atributos com os seguintes pesos: 40% para a frota de veículos, 20% para o número de habitantes e 40% para o tamanho da CMR. Constatou-se que os resultados obtidos podem servir como base para direcionar o Governo Estadual ao definir os municípios que possuirão Pontos de Coleta Centrais no sistema de logística reversa de pneus.

Palavras-chave: Logística Reversa, Resíduos Sólidos, Pneus, Simple Additive Weighting, Consórcio Municipal.

Abstract

The National Solid Waste Policy (NSWP) enabled a more integrated view of the waste chain, addressing reverse logistics, shared responsibility and correct waste management. According to IBAMA's 2020 Tire Report, in 2019, only 15 municipalities in Ceará had points for receiving waste tires. Faced with this, the Government of Ceará opened the Call Notice nº 02/2020 for the implementation of reverse logistics systems for waste tires. Due to the fact that serving all municipalities simultaneously is financially unfeasible for the State, it is necessary to choose strategic locations that can receive the largest possible number of tires and enable the effectiveness of the system. Therefore, the present work aims to verify which municipalities are more strategic for the implementation of "Central Collection Points", considering the vehicle fleet, the number of inhabitants and the size of the Municipal Waste Center (CMR) parameters. The Simple Additive Weighting (SAW) tool was used with the aid of Excel software to verify the preferable municipalities. As a result of the evaluations, it was found that the 3 most viable municipalities to serve as "Central Collection Points" in the selected municipal waste management consortia using attributes with the following weights: 40% for the vehicle fleet, 20% for the number of inhabitants and 40% for the size of the CMR. It was found that the results obtained can serve as a basis for directing the State Government to define the municipalities that will have "Central Collection Points" in the tire reverse logistics system.

Keywords: Reverse Logistics, Solid Waste, Tires, Simple Additive Weighting, Municipal Consortia.

Data da Submissão:
28outubro2022
Data da Publicação:
28fevereiro2023

Resumen

La Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS) permitió una visión más integrada de la cadena de residuos, abordando la logística inversa, la responsabilidad compartida y la correcta gestión de residuos. Según el Informe de Neumáticos 2020 del IBAMA, en 2019, solo 15 municipios de Ceará tenían puntos para recibir neumáticos de desecho. En vista de ello, el Gobierno de Ceará abrió el Aviso de Convocatoria N° 02/2020 para la implementación de sistemas de logística inversa para neumáticos de desecho. Debido a que el servicio atiende a todos los municipios simultáneamente es inviable económicamente para el Estado, se hace necesario elegir lugares estratégicos que puedan recibir la mayor cantidad de llantas posible y que permitan la efectividad del sistema. Ante esto, el presente trabajo tiene como objetivo verificar qué municipios son más estratégicos para la implementación de "Puntos Centrales de Recolección", considerando como parámetros el parque vehicular, el número de habitantes y el tamaño del Centro Municipal de Residuos (CMR). Se utilizó la herramienta Simple Additive Weighting (SAW) con la ayuda del software Excel para verificar los municipios preferibles. Como resultado de las evaluaciones, se verificaron los 3 municipios más viables para servir como "Puntos Centrales de Recolección" en los consorcios de gestión de residuos municipales seleccionados, utilizando atributos con los siguientes pesos: 40% para la flota de vehículos, 20% para el número de habitantes y 40% para el tamaño de la CMR. Se constató que los resultados obtenidos pueden servir de base para orientar al Gobierno del Estado a la hora de definir los municipios que contarán con Puntos Centrales de Acopio en el sistema de logística inversa de llantas.

PALABRAS CLAVE: Logística Inversa, Residuos Sólidos, Llantas, Simple Additive Weighting, Consorcio Municipal.

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos é uma atividade ininterrupta, inerente à existência da vida humana. Fato que pôde ser observado em situação extrema de paralisação de atividades diárias de grande parte das pessoas durante a pandemia provocada pelo COVID-19. O Governo do Estado do Ceará, visando a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e da sua Política Estadual de Resíduos Sólidos, tem criado diversos instrumentos legais, programas e projetos voltados para a solução desse problema.

No tocante à responsabilidade compartilhada, trazida pela PNRS, foram elaborados planos e projetos executivos de gestão e manejo de resíduos sólidos. Já para a implantação da logística reversa, especificamente para a cadeia de pneus inservíveis, foi aberto o Edital de Chamamento nº 02/2020. Nele, foram convocadas as empresas responsáveis e outras interessadas a apresentar propostas de sistemas

de logística reversa que indicassem ações, procedimentos e meios para viabilizar a coleta e a destinação final ambientalmente adequada de pneus inservíveis no Ceará.

Conforme apresentado no Relatório Pneumáticos 2020 do IBAMA, no Ceará, foram recolhidas cerca de 1.800 toneladas em 2019, referente a 0,30% do total destinado no Brasil, onde existiam 46 pontos de recebimento, atendendo a população de apenas 15 municípios: Acopiara, Boa Viagem, Brejo Santo, Caucaia, Crato, Eusébio, Fortaleza, Horizonte, Iguatu, Itapipoca, Juazeiro do Norte, Maracanaú, Maranguape, Sobral e Tauá. No mesmo documento, identificou-se a presença de duas unidades de destinação final no território, cimenteiras que realizam o coprocessamento de pneus, nos municípios de Sobral e Quixeré.

O estado conta com 184 municípios e uma população maior que 9 milhões de habitantes. Mediante

a inviabilidade financeira do atendimento de todos os municípios simultaneamente, se faz necessária a definição de locais estratégicos e prioritários, que possam receber e acumular a maior quantidade possível de pneus, garantindo a sustentabilidade dos sistemas. Para isso, alguns parâmetros de seleção devem ser estabelecidos.

A infraestrutura usualmente é um dos fatores limitantes em critérios de seleção. Sobre isso, é importante mencionar que o Estado do Ceará vem implementando, desde 2018, os Planos de Coletas Seletivas Múltiplas para todos os seus municípios. Os planos representam uma ferramenta chave para a implantação da "Política pré-aterro", fomentada pelo Governo, a qual prevê redução gradual da disposição de resíduos orgânicos e recicláveis em aterros sanitários ou lixões (SEMA, 2018). Neles há projetos executivos de infraestrutura para o manejo dos resíduos recicláveis e orgânicos, chamada Central Municipal de Resíduos (CMR).

Os municípios foram separados por região, consolidando-os em consórcios públicos de gestão integrada de resíduos, no intuito de ratear os custos da gestão de resíduos e de proporcionar melhor suporte e diretrizes estaduais. Todo o complexo estrutural a ser construído, juntamente às políticas públicas, induzem a cooperação mútua dos gestores municipais, dos consórcios de resíduos e de associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis, com a formação de parcerias entre sociedade civil, poder público e iniciativa privada.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho busca analisar

quais municípios de determinadas regiões são mais estratégicos para possuírem os denominados "Pontos de Coleta Centrais"; espaços para acumulação, transbordo e coleta de pneus inservíveis, visto que há apenas duas unidades de destinação final no território cearense e que é de suma importância um sistema de logística reversa eficiente. Além disso, objetiva-se verificar brevemente se há influência direta e proporcional do número de habitantes na frota de veículos dos municípios selecionados

3. METODOLOGIA

A ferramenta utilizada para a verificação dos municípios mais estratégicos, conforme o estabelecimento de alguns parâmetros, foi a *Simple Additive Weighting* (SAW), com o auxílio do software Excel. Tal estudo foi realizado em algumas regiões do estado que atualmente não são atendidas pelo sistema de logística reversa pré existente.

O *Simple Additive Weighting* (SAW) é um método frequentemente utilizado em decisões técnicas considerando atributos múltiplos. Uma pontuação é calculada para cada alternativa, considerando o valor escalado dado para cada atributo, os pesos de importância relativa atribuídos pelo tomador de decisão à cada variável e a soma dos produtos para todos os critérios. A vantagem deste método é que há uma transformação linear proporcional dos dados brutos, logo a ordem de grandeza relativa das pontuações padronizadas permanece igual (AFSHAR; MOJAHED; YUSUFF, 2010).

Foram consideradas como variáveis de avaliação a frota de veículos, o número de habitantes e o tamanho

da Central Municipal de Resíduos (CMR) de cada município, com a atribuição dos pesos respectivos de 40%, 20% e 40%.

Foram avaliados os municípios das regiões: Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Litoral Norte, Consórcio de Manejo de Resíduos Sólidos da Região da Chapada da Ibiapaba, Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Sertão de Crateús, Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Sertão de Crateús 2, Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos do

Sertão de Inhamuns, Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – Comares Crato, Consórcio Regional de Resíduos do Alto Jaguaribe, Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Sertão Centro Sul, Consórcio de Desenvolvimento da Região do Sertão Central Sul e Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região do Sertão Central. Para demonstrar os cálculos das preferências, foi utilizado como exemplo o Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos do Sertão de Inhamuns, apresentados na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1. Parâmetros considerados e seus respectivos valores por município da região.

Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos do Sertão de Inhamuns	População	Frota de veículos	CMR (m ²)
Aiuaba	17.584	3.233	7.500
Arneiroz	7.848	1.992	7.500
Parambu	31.391	11.379	10.000
Quiterianópolis	21.246	7.509	7.500
Tauá	59.259	25.925	12.000

Fonte: IBGE, 2020; SENATRAN, 2020; SEMA, 2021

Para cada parâmetro (População, Frota de veículos e CMR) foi calculada uma nota normalizada, tendo como referência a sua ordem de grandeza e o seu valor em relação aos outros do mesmo atributo. Utilizou-se esse método para permitir a comparação entre os municípios da mesma região.

Nota Normalizada = (Valor correspondente / Valor mais favorável) equação (1)

A equação 1 demonstra a fórmula para se calcular a nota normalizada

para os parâmetros avaliados, que são critérios positivos. Por exemplo, na Tabela 1, na coluna "Frota de Veículos", o valor mais favorável para a escolha do local para ser um "Ponto de Coleta Central" de pneus é o de Tauá, com 25.925 veículos, pois quanto mais pneus houver no município, maior será a demanda por um ponto de coleta. Logo, após a normalização, todos os outros valores desse parâmetro ficaram em função desse valor. A Tabela 2 demonstra as notas de cada variável após o processo normativo.

Tabela 2. Notas normalizadas considerando os parâmetros avaliados

Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos do Sertão de Inhamuns	População	Frota de Veículos	CMR (m ²)
Aiuaba	0,297	0,125	0,625
Arneiroz	0,132	0,077	0,625
Parambú	0,530	0,439	0,833
Quiterianópolis	0,359	0,290	0,625
Tauá	1,000	1,000	1,000

Fonte: Autores do Trabalho, 2022.

Preferência Normalizada = $\{(Nota Normalizada População * 0,2) + (Nota Normalizada Frota de Veículos * 0,4) + (Nota Normalizada CMR * 0,4)\}$ para calcular a preferência de cada município para se tornar um "Ponto de Coleta Central" de pneus, considerando todos os parâmetros avaliados e o respectivo peso de cada um. É possível visualizar, na Tabela 3, os valores e as ordens de preferências de cada localidade.

Por fim, utilizou-se a equação 2

Tabela 3. Preferências calculadas dos municípios considerando os parâmetros avaliados.

Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos do Sertão de Inhamuns	Valor da Preferência	Ordem de preferência
Aiuaba	0,359	4 ^º
Arneiroz	0,307	5 ^º
Parambú	0,615	2 ^º
Quiterianópolis	0,438	3 ^º
Tauá	1,000	1 ^º

Fonte: Autores do Trabalho, 2022.

Portanto, a partir dos cálculos realizados, pode-se verificar que os 3 municípios preferíveis para a implantação de um Ponto de Coleta Central são, em ordem decrescente, Tauá, Parambu e Quiterianópolis, na região do Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos do Sertão de Inhamuns.

4. RESULTADOS

Conforme objetivou o presente trabalho, obtiveram-se resultados

satisfatórios, dos quais foram eleitos os 3 municípios mais estratégicos por região para implantar-se um "Ponto de Coleta Central" de pneus. A Tabela 4, abaixo, nos mostra os resultados com as ordens e valores de preferência dos municípios da mesma região. Os municípios preferíveis para se instalar um "Ponto de Coleta Central" são: Camocim, São Benedito, Ipu, Crateús, Juazeiro do Norte, Tauá, Iguatu, Icó, Acopiara e Quixadá.

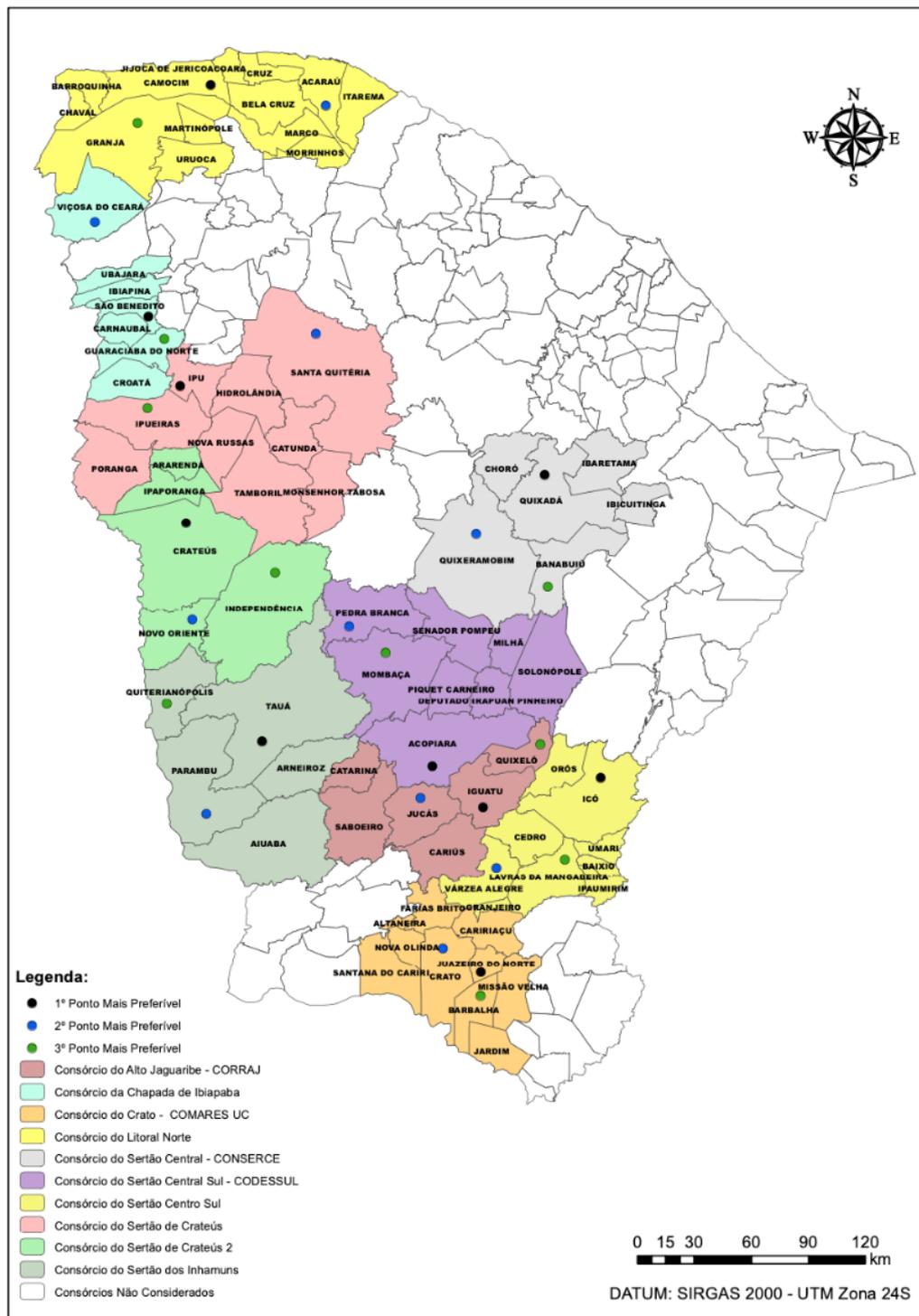
Tabela 4. Resultados obtidos

Consórcio Litoral Norte		Consórcio da Chapada da Ibiapaba	
1º Camocim	1,000	1º São Benedito	0,955
2º Acaraú	0,945	2º Viçosa do Ceará	0,915
3º Granja	0,713	3º Guaraciaba do Norte	0,825
Consórcio do Sertão de Crateús		Consórcio do Sertão de Crateús 2	
1º Ipu	0,993	1º Crateús	1,000
2º Santa Quitéria	0,989	2º Novo Oriente	0,486
3º Ipueiras	0,888	3º Independência	0,464
Consórcio do Crato		Consórcio do Sertão de Inhamuns	
1º Juazeiro do Norte	1,000	1º Tauá	1,000
2º Crato	0,670	2º Parambu	0,615
3º Barbalha	0,415	3º Quiterianópolis	0,438
Consórcio do Alto Jaguaribe		Consórcio do Sertão Centro Sul	
1º Iguatu	1,000	1º Icó	1,000
2º Jucás	0,302	2º Várzea Alegre	0,617
3º Quixelô	0,224	3º Lavras da Mangabeira	0,448
Consórcio do Sertão Central Sul		Consórcio do Sertão Central	
1º Acopiara	1,000	1º Quixadá	1,000
2º Pedra Branca	0,917	2º Quixeramobim	0,819
3º Mombaça	0,797	3º Banabuiú	0,244

Fonte: Autores do Trabalho, 2022.

Verificou-se também, a partir da de forma diretamente proporcional, compilação dos resultados obtidos, reforçando a escolha dos pesos diferentes a serem atribuídos aos parâmetros avaliados. que a interação entre população e frota de veículos nem sempre se deu

Imagem 1. Mapa com os Pontos de Coleta Centrais de pneus resultantes da análise.



Fonte: Autores do Trabalho, 2022.

Pode-se observar, na Imagem 1, a distribuição espacial dos 3 municípios mais viáveis identificados, por consórcio de gestão de resíduos, para receberem Pontos de Coleta Centrais de Pneus. Além disso, é possível verificar a localização deles no mapa do Ceará.

5. CONCLUSÕES

A partir das informações obtidas, foi possível realizar uma avaliação quantitativa dos melhores municípios para hospedarem os "Pontos de Coleta Centrais de Pneus" dentre as regiões avaliadas, considerando os aspectos frota de veículos, número de habitantes e tamanho da Central Municipal de Resíduos. Como se trata de uma avaliação quantitativa, é possível mensurar o quanto cada município é mais ou menos viável em relação aos outros da região, o que fornece maior suporte à escolha.

Esses resultados poderão servir como direcionamento para o governo estadual ao definir os municípios que possuirão Pontos de Coleta Centrais de Pneus. A implantação destes poderá beneficiar a população cearense com uma melhoria da qualidade ambiental e, conseqüentemente, da saúde pública, pois sistemas de logística reversa mais eficientes e abrangentes trazem consigo a redução custos e a otimização de recursos ambientais, além da redução de focos de vetores de doenças e do descarte irregular de pneus a céu aberto. Também se espera que, após o firmamento dos Termos de Compromisso com as empresas concorrentes ao Edital nº 02/2020, haja um aumento da quantidade de pneus enviados para reciclagem, seja ela física ou energética.

Como sugestão para trabalhos futuros,

sugere-se a introdução de mais parâmetros no processo avaliativo, como melhor rota, distância entre as cidades e pontos de destinação final e também a existência e/ou condição das estradas. Desse modo, é possível obter resultados que consideram mais fatores importantes para um sistema de logística reversa eficiente e que traduzem de maneira mais fidedigna as condições reais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 5º Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, realizado pelo IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, em maio de 2022. Os autores também agradecem à Secretaria do Meio Ambiente do Ceará pela confiança e todo apoio na obtenção dos dados para a elaboração desse artigo.

REFERÊNCIAS

AFSHARI, A. R.; MOHAMED, M.; YUSUFF, R. M. *Simple Additive Weighting approach to Personnel Selection problem*. International Journal of Innovation, Management and Technology vol. 1, no. 5, pp. 511-515, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285828294_Simple_Additive_Weighting_Approach_to_Personnel_Selection_Problem. Acesso em: abril. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. *Frota de veículos - 2020*. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2020>. Acesso em março. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009*. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada.

BRASIL. *Lei 12.305. Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010.

Secretaria do Meio Ambiente - SEMA. *Planos de Coleta Seletiva Múltiplas*. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/residuos-solidos/projeto-de-implementacao-das-coletas-seletivas-multiplas>. Acesso em: março. 2022

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2020*. IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados> Acesso em: março. 2022.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, *RELATÓRIO PNEUMÁTICOS 2020 - RESOLUÇÃO CONAMA Nº 416/09, 2020*. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/pneus/atoriopneumaticos/2021-03-03-%20Ibama-Relatorio_Pneumaticos_2020_completo_com_capa_terceira_versao.pdf. Acesso em: março. 2022.

PUTRA, D. W. T.; PUNGGARA, A. A. *Comparison Analysis of Simple Additive Weighting (SAW) and Weighed Product (WP) In Decision Support Systems*. MATEC Web of Conferences. 215, 01003, 2018 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328329838_Comparison_Analysis_of_Simple_Additive_Weighting_SAW_and_Weighed_Product_WP_In_Ddecision_Support_Systems. Acesso em: abril. 2022.