

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ – PA

* Antonio Carlos Novaes Moreira ¹
Aline Furtado Louzada ²
Raisa Rodrigues Neves ³

SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT IN THE CITY OF TUCURUÍ - PA

Recibido el 20 de julio de 2021. Aceptado el 31 de enero de 2022

Abstract

The growing production of solid waste is proportional to the advance of globalization and urban expansion. Many cities find it difficult to manage urban solid waste (MSW), concerning its operationalization and evaluation, due to the few informations about its main source which lead to limitations in the various dimensions involved in this process. Therefore, the present study used a matrix of indicators developed by Ramos (2013) to analyze the sustainability of MSW management in the city of Tucuruí-PA through the Solid Waste Management Quality Index (IQGRS). Using the Delphi Method, questionnaires were applied to specialists in the environmental research field and the company responsible for waste collection and management services. As a matter of fact the IQGRS found characterized the city management as unfavorable in terms of sustainability according to a study by Santiago and Dias (2012). The study noticed the necessity of a integrated management involving all environmental agents and variables, as long as the local management failed, according to the National Solid Waste Policy (PNRS) rules.

Keywords: integrated management, sustainability dimensions, sustainability indicators, urban solid waste.

¹ Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental – Campus Tucuruí, Universidade Federal do Pará, Brasil.

² Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Brasil

³ Faculdade de Engenharia Civil – Campus Tucuruí, Universidade Federal do Pará, Brasil.

* *Autor correspondente:* Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Brasil. Rua 15 de Novembro, 14, São Sebastião, Tucuruí/PA, CEP: 68457-320, Brasil. Email: carlosnovaes411@gmail.com

Resumo

O aumento da produção de resíduos sólidos é proporcional ao avanço da globalização e a expansão urbana. Muitos municípios encontram dificuldades na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), no que se refere a sua operacionalização e avaliação, em decorrência das poucas informações acerca da geração de RSU que acarretam à limitações nas várias dimensões envolvidas nesse processo. Por esse fato, o presente estudo utilizou uma matriz de indicadores elaborada por Ramos (2013) para avaliar a sustentabilidade da gestão de RSU do município de Tucuruí-PA através do Índice de Qualidade de Gestão de Resíduos Sólidos (IQGRS). Por meio do Método Delphi, foram aplicados questionários a especialistas da área ambiental e à empresa responsável pelos serviços de coleta e manejo de resíduos. Averigou-se que o IQGRS encontrado caracterizou a gestão do município como muito desfavorável a nível de sustentabilidade segundo estudo de Santiago e Dias (2012). A avaliação observou, como falha na gestão da localidade em estudo, a necessidade de uma gestão integrada envolvendo todos os atores e variáveis ambientais conforme a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece.

Palavras chave: gestão integrada, dimensões da sustentabilidade, indicadores de sustentabilidade, resíduos sólidos urbanos.

Introdução

Com o avanço da globalização houve um aumento do consumo de produtos cada vez mais descartáveis acarretando uma atual problemática da sociedade: os resíduos sólidos. As novas tecnologias resultam em resíduos constituídos de materiais diversificados (Gouveia, 2012), os quais quando não possuem uma destinação correta e adequada podem afetar o meio ambiente no âmbito social, econômico e de saúde pública (Vechi *et al.*, 2016).

Devido a isso, no ano de 2010 o governo sancionou a Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) para nortear as tomadas de decisões acerca da gestão integrada de resíduos sólidos estabelecendo um conjunto de ações com o intuito de sanar ou minimizar a problemática dos resíduos levando em conta as dimensões políticas, sociais, culturais e ambientais a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010). Porém, a PNRS encontra barreiras institucionais tais como a falta de política nacional, projetos e metas eficientes voltadas a implementação de investimentos, controle social e universalização dos serviços básicos bem como a falta de mecanismos e ações de fiscalização dos recursos aplicados (Monterosso, 2016). Outro empecilho encontrado pela PNRS são os dados divergentes disseminados pelos agentes públicos, privados e as prefeituras que na maioria das vezes oferecem informações imprecisas, desatualizados e insuficientes, dificultando as tomadas de decisões (Jacobi e Besen, 2011).

Por esse fato, a problemática dos resíduos sólidos ainda é pertinente. Só em 2017, 3352 municípios brasileiros despejaram mais de 29 milhões de toneladas de resíduos em lixões ou aterros controlados segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019). No ano de 2018, o Brasil foi responsável pela geração de 79 milhões

de toneladas de resíduos sólidos (ABRELPE, 2019) ocupando assim o pódio de quarto lugar entre os países que apresentam as maiores taxas de gerações de lixo, estando atrás dos Estados Unidos, China e Índia, segundo a *World Wide Fund For Nature* (WWF, 2019).

Para lidar com esse problema, é necessária a criação de políticas públicas que interajam diversos aspectos ambientais, sociais e econômicos (Gouveia, 2012) juntamente com a intersectorialidade, ou seja, o envolvimento de secretarias de Meio Ambiente, de Educação, de Assistência Social e sociedade aliados a uma frequente fiscalização dos serviços prestados e dependência de recursos financeiros (Santiago e Dias, 2012; Maiello *et al.*, 2018).

Com o objetivo de realizar o monitoramento e identificar a sustentabilidade da gestão dos RSU, têm-se utilizado os indicadores, os quais são poderosas ferramentas para que as informações estatísticas, científicas e técnicas produzidas por diferentes órgãos e instituições públicas e privadas comuniquem-se com a população de maneira mais clara possível (Rametsteiner *et al.*, 2011). A utilização de um indicador permiti maior dinamismo no processo de gestão, pois ele fornece pistas e torna perceptível uma tendência de problemas e condições ambientais que não estão imediatamente visíveis (Barros e Silveira, 2019). Diversas pesquisas têm utilizado esse instrumento no contexto da problemática do RSU (Polaz e Texeira, 2008; Santiago e Dias, 2012; Cifrian *et al.*, 2015; Castro, 2016; Pereira *et al.*, 2018; Bertanza *et al.*, 2018; Chaabane *et al.*, 2018; Barros e Silveira, 2019; Ibáñez-Forés *et al.*, 2019; Ali *et al.*, 2019). Os indicadores podem ser associados a pesquisas com abordagens participativas, nesse sentido, destaca-se o método Delphi, o qual originou-se da coleta de informação de um grupo de pessoas com elevado conhecimento sobre determinado assunto (Rozados, 2015). Esta técnica colaborou para pesquisa na área da gestão ambiental (Marionttoni e Canada, 2016), na administração municipal (Resende, 2016) e na avaliação dos serviços de limpeza pública urbana municipal (Silveira, 2018). Tais estudos explicitam a eficiência do método Delphi na sua utilização como ferramenta auxiliar no processo de tomada de decisão.

Acerca do município foco do estudo, Tenório e Lima (2013) evidenciarium que Tucuruí apresenta obstáculos em seu planejamento urbano incluindo aspectos de infraestrutura física, saneamento básico, sistema de drenagem, abastecimento de água e disposição de resíduos sólidos. Sobre este último, a produção diária de RSU de Tucuruí é estimada em 86 ton., onde sua disposição é feita de maneira inadequada acarretando risco de contaminação por chorume ao solo e inúmero afluentes existentes na região (Tenório e Lima, 2013). Polaz e Teixeira (2009) enfatizam que para municípios de pequeno e médio porte há uma maior necessidade de se efetuar uma gestão municipal integrada de resíduos, a qual depende do processo de tomada de decisão do poder público e de dados precisos existentes. Por esse motivo, justifica-se a importância desta pesquisa na contribuição de mais informações acerca da realidade da gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) do município podendo assim dinamizar o processo de gestão de RSU da região. Para isso, o

presente estudo teve por objetivo identificar em que nível está a sustentabilidade da gestão de RSU do município de Tucuui, através de uma matriz de indicadores já consolidada na literatura e da aplicação do método Delphi.

Metodologia

A proposta metodológica para elaboração deste estudo foi de uma pesquisa com abordagens participativa, qualitativa e quantitativa. O levantamento de dados e análise para esta produção científica foi realizado conforme o processo apresentado na Figura 1. Todo esse processo de pesquisa perdurou entre final de 2018 a meados de 2020, destaca-se as limitações encontradas como a demora de retorno da empresa, das respostas do questionários dada pelos especialista e o período de pandemia.



Figura 1. Processos para o desenvolvimento da pesquisa.

No início do processo de desenvolvimento da pesquisa foi construído um marco teórico para dar embasamento ao estudo. Por meio da leitura de periódicos, revistas eletrônicas, dissertações de mestrado, doutorado e sistemas de informações nacionais de saneamento básico, pôde-se levantar informações sobre os conceitos que cercam a temática de resíduos sólidos e as metodologias mais utilizadas para avaliar a gestão destes materiais.

Caracterização da área de estudo

Situado na mesorregião do estado do Pará que integra Breu Branco, Jacundá, Nova Ipixuna, Itupiranga e Novo Repartimento, o município de Tucuruí (Figura 1) abrange uma área de 2084,289 km² com uma população estimada de 112148 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2018).

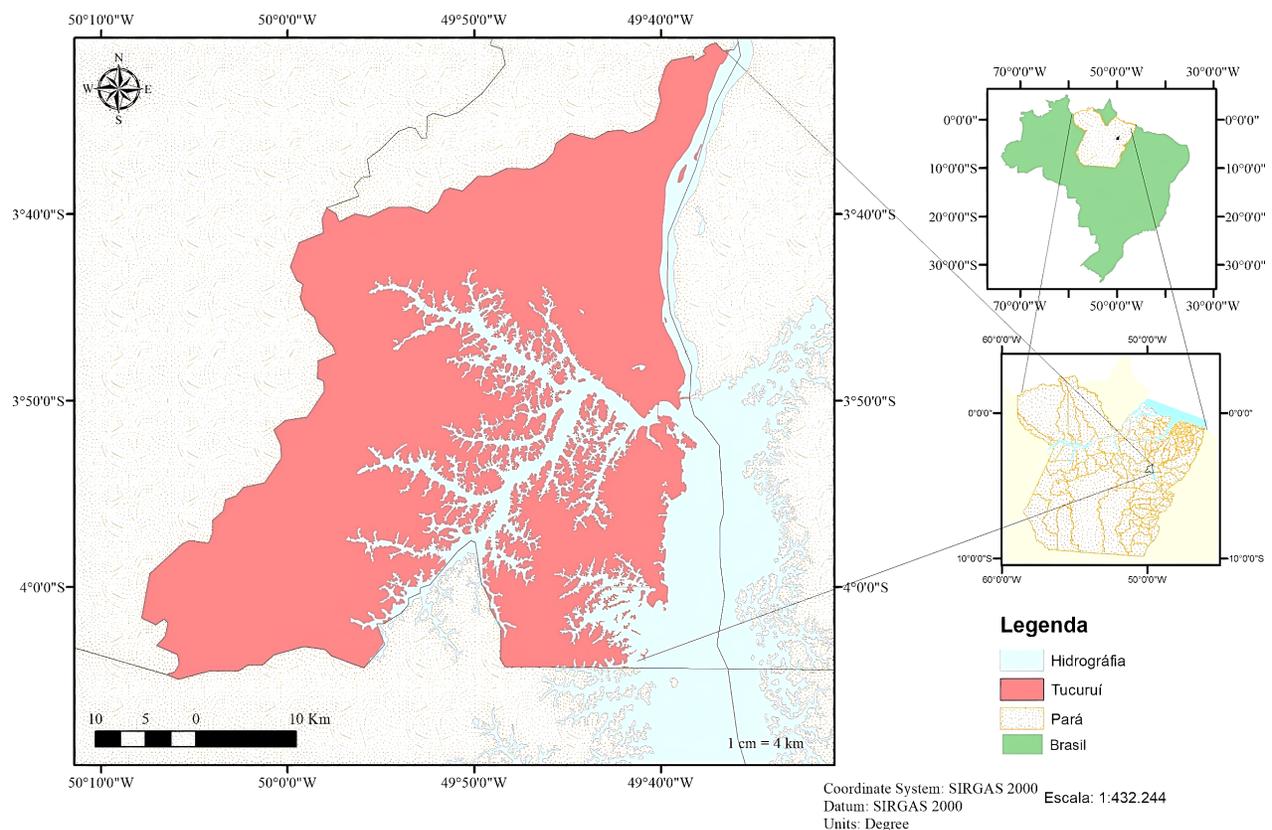


Figura 2. Localização do município de Tucuruí-Pará.

No que se refere a ocupação territorial, 65% da sua malha urbana constituiu-se no período da construção da UHE da empresa Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A – Eletronorte, tendo seu processo de ocupação desordenado em decorrência da falta de políticas públicas eficazes em acomodar o grande número de pessoas que vinham morar na cidade, acarretando assim em grandes desequilíbrios sociais, econômicos e ambientais (Rocha e Gomes, 2002). O município possui políticas ambientais consolidadas como a Lei nº 5.846/2003 que sanciona a Política Municipal de Meio Ambiente a qual utiliza como instrumentos de ação o Zoneamento Ecológico Econômico e o Licenciamento Ambiental municipal bem como o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (Tenório e Lima, 2013).

Quanto a gestão de RSU municipal, a empresa *Clean Service* Serviços Gerais Ltda. realizava os serviços de limpeza urbana, de varrição e capina, de saúde pública e coleta especial do município desde 2005 (Fonseca, 2010). Os resíduos sólidos estavam sendo dispostos no aterro controlado em área particular, localizado na rodovia PA 156 (Km 15) no ano de 2009, sendo encerrada a operação neste local em janeiro de 2010. No ano de 2015 foi implantado o lixão a céu aberto no município de Tucuruí, recebendo os resíduos recolhidos pela prefeitura e por empresa terceirizada, mesmo após a promulgação da Lei 12305/2010 (Rabelo e Santos, 2019). Devido às mudanças de administração da Prefeitura Municipal de Tucuruí (PMT), em 2018 foi firmado contrato de um ano com a empresa Sancil Sanatonioconstrutora e Incorporadora LTDA para serviços de limpeza pública urbana, recolhimento de entulho, coleta, transporte e remoção de galhadas e resto de podagem em todo território compreendido pelo município.

Matriz de indicadores para avaliação do sistema da gestão dos RSU

A matriz de indicadores de sustentabilidade escolhida para a pesquisa foi a de Polaz e Teixeira (2008) elaborada para avaliar a gestão municipal de RSU tomando o município de São Caetano (SP) como estudo. Foram atribuídos por Polaz e Teixeira (2008) três parâmetros de tendências, baseado no estudo de Milanez (2002), para avaliar a sustentabilidade: tendência muito desfavorável (MD), tendência desfavorável (D), tendência favorável (F).

Ramos (2013), por sua vez, propôs uma matriz de indicadores (Tabela 1) adaptando o estudo de Polaz e Teixeira (2008) com o objetivo de contribuir para mais produções sobre indicadores de sustentabilidade. Esta será a matriz aplicada na avaliação de sustentabilidade da gestão de RSU no município de Tucuruí – PA. A autora utilizou um total de 14 indicadores classificando-os em cinco dimensões: ambiental/ecológica, econômica, social, política/institucional e cultural. O fato da matriz de indicadores de Ramos (2013) estar embasada em literatura consolidada, possuir praticidade e número razoável de indicadores, o que facilita a obtenção de resultados, justifica sua escolha para ser aplicada na região estudada.

Tabela 1. Matriz de Indicadores

Dimensões	Indicadores	Formas de apuração
Dimensão Ambiental/ecológica	(1) Grau de recuperação de passivos ambientais	Áreas não foram mapeadas (MD* ¹); Áreas mapeadas, mas não recuperadas (D* ²); Áreas recuperadas (F* ³)
	(2) Grau de implementação das medidas previstas no licenciamento das atividades relacionadas aos RSU	Inexistência de licenciamento ambiental (MD); Licenciamento ambiental realizado, porém, as medidas não foram plenamente implementados (D); Licenciamento ambiental realizado e medidas implementadas integralmente (F).
	(3) Grau de recuperação do RSU que estão sob responsabilidade do poder público	Recuperação inexistente ou muito baixa dos RSU (MD); Recuperação baixa dos RSU (D); Recuperação alta dos RSU (F).
Dimensão Econômica	(4) Grau de autofinanciamento da gestão pública de RSU	Inexistência de fonte específica ou sistema de cobrança para financiamento da gestão de RSU (MD); Existência de fonte específica ou sistema de cobrança para financiamento da gestão de RSU, mas não cobre todos os custos (D); Os custos da gestão de RSU são completamente financiados por fonte específica ou sistema de cobrança dos resíduos (F).
Dimensão Social	(5) Grau de disponibilização dos serviços públicos de RSU à população	Baixa disponibilização dos serviços públicos de RSU à população (MD); Média disponibilização dos serviços públicos de RSU (D); Disponibilização plena dos serviços públicos de RSU (F)
	(6) Grau de abrangência de políticas públicas de apoio ou orientação às pessoas que atuam com RSU	Inexistência de políticas públicas efetivas de apoio às pessoas que atuam com RSU (MD); Existência de políticas públicas, porém com baixo envolvimento das pessoas que atuam com RSU (D); Existência de políticas públicas com alto envolvimento das pessoas que atuam com RSU (F);
Dimensão Político/Institucional	(7) Grau de estruturação da gestão de RSU na administração pública.	Inexistência de setor específico para RSU na administração pública (MD); Existência de setor específico para RSU, porém não estruturado (D); Existência de setor específico para RSU devidamente estruturado (F)
	(8) Grau de capacitação dos funcionários atuantes na gestão de RSU	Nenhum funcionário do setor de RSU recebeu capacitação específica (MD); Apenas parte dos funcionários do setor de RSU recebeu capacitação específica (D); Todos os funcionários receberam capacitação específica (F).
	(9) Quantidade de ações de fiscalização relacionada à gestão de RSU promovidas pelo poder público	Inexistência de ações de fiscalização (MD); Existência de ações de fiscalização, porém em quantidades insuficientes (D); Existência de ações de fiscalização em quantidade suficientes (F).
	(10) Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente	Inexistência de Plano Municipal para RSU vigente (MD); Existência de Plano Municipal para RSU, porém poucas metas foram atingidas (D); Existência de Plano Municipal para RSU com muitas metas atingidas (F).
	(11) Existência de informações sobre a gestão de RSU sistematizadas e disponibilizadas a população	As informações sobre a gestão de RSU não são sistematizadas (MD); As informações sobre a gestão de RSU são sistematizadas, porém não estão acessíveis à população (D); As informações sobre a gestão de RSU são sistematizadas e divulgadas de forma pro-ativa para a população (F).
Dimensão Cultural	(13) Efetividade dos programas educativos continuados voltados para boas práticas da gestão de RSU.	Inexistência de programas educativos (MD); Existência de programas educativos, porém com baixo envolvimento da população (D); Existência de programas educativos continuado com alto envolvimento da população (F).
	(14) Efetividade de atividades de multiplicação de boas práticas em relação aos RSU	Ausência de divulgação de boas práticas de gestão de RSU ou inexistência do mesmo (MD); Divulgação pouco efetiva de boas práticas de gestão de RSU (D); Divulgação pouco efetiva de boas práticas de gestão de RSU, inclusive com replicação das mesmas (F).

*¹ MD: Muito desfavorável; *² D: Desfavorável; *³ F: Favorável.

Fonte: Adaptado de Ramos (2013) e Polaz e Texeira (2009).

Aplicação do Método Delphi

Delphi é um procedimento qualitativo, onde especialistas em um determinado tema respondem uma sequência de perguntas, itens ou questionários de forma anônima permitindo *feedback* controlados das respostas obtidas com objetivo de alcançar unanimidade de opiniões sobre um assunto específico (Mora, 2021). Na Figura 3 podemos ver o esquema simplificado do processo de aplicação do método Delphi.

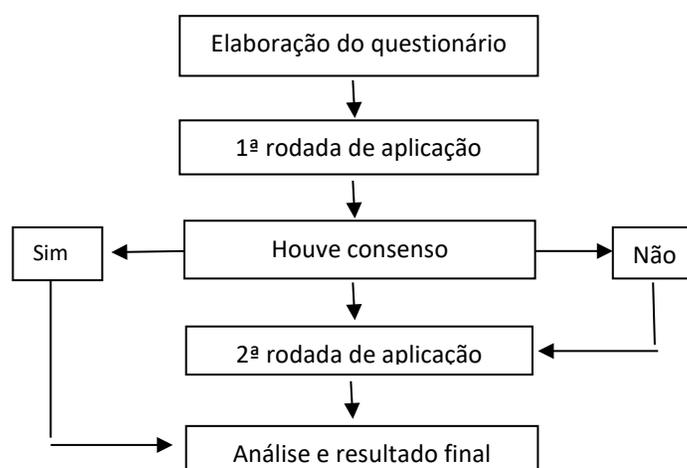


Figura 3. Esquema de aplicação do Método Delphi.

De início é elaborado o questionário alinhado aos objetivos do estudo, após isso ocorre a primeira rodada de sua aplicação a um grupo de especialista, os quais variam em número de acordo com a literatura, sendo, segundo Moura (2021), acima de 20 painelistas uma quantidade boa e suficiente para gerar informações importantes. Em seguida é analisado o consenso mínimo de resposta entre os participantes. Para Salmond (1994) o consenso ideal varia entre 50% a 80%, para Fernandes (2005) e Silva (2005) a concordância ideal admitida é de até 75%. Nesta pesquisa utilizou-se o percentual de concordância abordado por Santiago e Dias (2012) que é de 50%. O questionário utilizado neste estudo está ligado ao formulário aplicado ao gestor municipal. Através das notas resultantes do Delphi, pôde-se obter a realidade da situação municipal em níveis de sustentabilidade.

O questionário (Tabela 1) foi aplicado via Google Forms para estudantes e profissionais da área ambiental da Universidade Federal do Pará (UFPA) e do Instituto Federal do Pará (IFPA) da região estudada, sendo instruídos a conceituarem cada descritor como Ruim, Bom e Excelente de acordo com sua percepção para uma efetiva gestão de RSU do município. Para cada conceito,

haverá uma nota correspondente de acordo com o estudo de Santiago e Dias (2012): 1 para Ruim, 3 para Bom e 5 para Excelente. Os especialistas também foram orientados a atribuírem pesos dentro do intervalo de 1 a 100 para cada uma das cinco dimensões ambientais envolvidas na matriz de indicadores de acordo com a sua percepção da dimensão que é mais importante dentro da gestão de RSU na região. Assim, quando o peso da dimensão estiver mais próximo de 100, maior será sua importância. Foi feita uma média aritmética simples com os pesos dados, obtendo assim o peso final para cada dimensão. As somas de todas os pesos devem ser menor que 100, segundo Crispim (2019).

Com o consenso igual ou superior a 50% das respostas dos especialistas, foi estabelecida para cada descritor uma nota final que servirá de avaliação para o questionário aplicado diretamente na empresa gestora de RSU do município. Após isso, esse questionário (Tabela 1) foi aplicado presencialmente à empresa responsável pela gestão municipal dos RSU, sendo destacado o descritor que representava a condição da gestão para cada indicador. De posse dos dados obtidos pelos especialistas, os pesos atribuídos nas dimensões e o questionário respondido pela empresa, foram efetuados os cálculos a seguir.

Cálculos do Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos Sólidos (IQGRS)

O cálculo de IQGRS será baseado na metodologia utilizada por Crispim (2019), o qual elaborou o Índice de Pobreza Hídrica (IPH) no município de Pombal. Costa *et al.*, (2017) desenvolveram uma metodologia de Técnica de Censuração de auxílio ao Índice de Qualidade de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos – IQGRS, para avaliar de forma representativa a situação atual do gerenciamento e gestão de resíduos de um município. Em ambas os estudos citados, os autores utilizaram as mesmas ferramentas para conseguir uma representação única da situação estudada. Com base nisso, de posse dos dados das notas estabelecidas e as respostas da empresa gestora de RSU do município, pode-se calcular o valor das dimensões através da fórmula:

$$D_i = \sum_{j=1}^n \frac{X_j}{n} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

D_i é o valor das dimensões;

n é a quantidade de indicadores que compõem a dimensão;

X_j é a nota determinada pelo método Delphi para um dado indicador j ;

Os valores das dimensões resultantes desse cálculo e os pesos obtidos pelos especialistas foram utilizados na fórmula a seguir para a obtenção do IQGRS final:

$$IQGRS = \frac{\sum_{j=1}^n W_{x,j} \cdot D_i}{\sum_{j=1}^n W_{x,j}} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

IQGRS é o valor do índice referente aos indicadores de RSU;

D_i é o valor da dimensão i , referente a cada uma das cinco dimensões;

$W_{x,j}$ são os pesos estabelecidos a essas dimensões, obtidos pelo método Delphi;

O IQGRS encontrado demonstra a real situação do RSU do município. Para classificar o nível de sustentabilidade através do índice encontrado, será utilizado o estudo de Santiago e Dias (2012). Os autores construíram uma matriz de indicadores por meio do método Delphi, elaborada com a finalidade de avaliar e planejar a gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios. Por meio de um levantamento bibliográfico e aplicação de questionários a especialistas, os autores utilizaram-se de 6 dimensões da sustentabilidade englobando 42 indicadores. Para facilitar mais o entendimento, Santiago e Dias (2012) atribuíram notas aos resultados finais de sua matriz, as quais serão utilizadas no presente estudo.

Resultados e discussão

Um total de 21 especialistas responderam a primeira rodada de questionário, observou-se que o consenso em dois descritores foram inferiores a 50%. Por esse fato, foi necessária a aplicação da segunda rodada do questionário, a qual obteve repostas de apenas 17 painelistas, ou seja, houve um percentual de perda entorno de 19.05 % e 80.5% de adesão a pesquisa. Abaixo podemos observar alguns estudos que utilizaram o Método Delphi e suas respectivas taxas de adesão:

Tabela 2. Taxa de adesão de estudos que utilizaram Método Delphi

Pesquisa	Número de especialistas	Número de respostas recebidas	Taxa de adesão
Desenvolvimento e avaliação de cartilha educativa para idosos consumidores de álcool (2020)	55	33	88%
Construção de indicadores de resiliência comunitária aos desastres no Brasil: uma abordagem participativa (2020)	97	72	74%
Construção da equação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA/OP) da cidade de Ouro Preto (MG) para o gerenciamento do saneamento municipal urbano (2020)	28	22	78.6%
Proposta de Adaptação do Índice de Salubridade Ambiental (ISA/FNS) ao município de Florianópolis (SC) com aplicação da metodologia Delphi (2020)	22	14	63.0%

Fonte: Autores, 2021.

Conforme pode ser constatado, observa-se que a taxa de adesão desta pesquisa foi inferior a um e superior a três dos trabalhos listados. Dessa forma, considera-se a taxa de adesão do presente estudo satisfatória e confiável para o seu prosseguimento.

Análise dos questionários

Com o resultado das duas rodadas dos questionários respondidos pelos especialistas com base em seus conhecimentos sobre gestão de RSU pôde-se estabelecer as notas para cada descritor que serviu como avaliação para o segundo questionário aplicado à empresa.

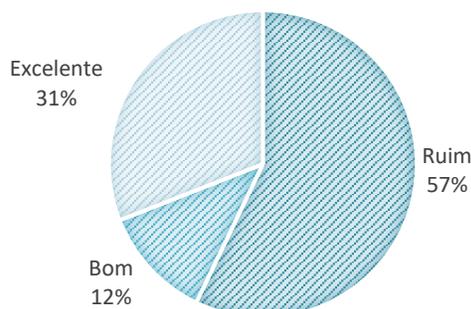


Figura 4. Distribuição dos conceitos estabelecidos pelos especialistas na matriz de indicadores.

Conforme a gráfico (Figura 4) nos mostra, os painelistas atribuíram aos descritores os conceitos em maior incidência Ruim e Excelente, enquanto o conceito Bom foi atribuído em um número menor. Por esse fato, a matriz de indicadores para a avaliação da sustentabilidade de RSU da região tornou-se rígida. Com esses conceitos e notas estabelecidas, pode-se avaliar a real situação de RSU no município.

A Tabela 3 nos mostra o questionário com as respostas obtidas pela empresa, para cada situação há um conceito e sua respectiva nota explicitando a real situação da gestão de RSU da cidade. Abaixo (Figura 5) podemos ver a distribuição das notas e conceitos de avaliação de cada indicador:

Nota-se que apenas três indicadores receberam a maior nota. O primeiro foi o indicador (5), relacionado com a disponibilização dos serviços públicos de RSU ao município, embora essa problemática atual do país não seja priorizada pelos gestores, segundo Polaz e Teixeira (2008), é pertinente sua relevância na avaliação da sustentabilidade de RSU de uma localidade. O segundo indicador (6) a levar condição Excelente está atrelado as escassas políticas públicas que apoiam os sistemas formais e informais de catadores de resíduos recicláveis (Polaz e Teixeira, 2008). Para que se possa avançar a caminho da sustentabilidade socioambiental, conforme afirma Grimber (2007), deve-se combinar a

responsabilidade dos geradores pela produção de seus resíduos e a autossugestão da integração de catadores. Acerca do Indicador (8), a falta de organograma e plano de carreira no setor de RSU é uma dos grandes fatores que comprometem a sustentabilidade de uma gestão de resíduos, conforme afirma Polaz e Teixeira (2008), nesse contexto, o conceito foi avaliado como Excelente.

Tabela 3. Situação real da gestão de RSU do município de Tucuruí.

Indicadores	Situação da gestão do município	Conceito	Nota
(1) Grau de recuperação de passivos ambientais	Áreas mapeadas, mas não recuperadas.	Bom	3
(2) Grau de implementação das medidas previstas no licenciamento das atividades relacionadas aos RSU	Licenciamento ambiental realizado, porém, as medidas não foram plenamente implementados.	Ruim	1
(3) Grau de recuperação do RSU que estão sob responsabilidade do poder público	Recuperação baixa dos RSU.	Ruim	1
(4) Grau de autofinanciamento da gestão pública de RSU	Existência de fonte específica ou sistema de cobrança para financiamento da gestão de RSU, mas não cobre todos os custos.	Ruim	1
(5) Grau de disponibilização dos serviços públicos de RSU à população	Disponibilização plena dos serviços públicos de RSU.	Excelente	5
(6) Grau de abrangência de políticas públicas de apoio ou orientação às pessoas que atuam com RSU	Existência de políticas públicas com alto envolvimento das pessoas que atuam com RSU	Excelente	5
(7) Grau de estruturação da gestão de RSU na administração pública	Existência de setor específico para RSU, porém não estruturado.	Ruim	1
(8) Grau de capacitação dos funcionários atuantes na gestão RSU	Todos os funcionários receberam capacitação específica.	Excelente	5
(9) Quantidade de ações de fiscalização relacionada à gestão de RSU promovidas pelo poder público	Existência de ações de fiscalização, porém em quantidades insuficientes.	Ruim	1
(10) Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente	Existência de Plano Municipal para RSU, porém poucas metas foram atingidas.	Ruim	1
(11) Existência de informações sobre a gestão de RSU sistematizadas e disponibilizadas a população	As informações sobre a gestão de RSU não são sistematizadas.	Ruim	1
(12) Variação da geração per capita	Taxa de variação = 1	Bom	3
(13) Efetividade dos programas educativos continuados voltados para boas práticas da gestão de RSU.	Existência de programas educativos, porém com baixo envolvimento da população.	Ruim	1
(14) Efetividade de atividades de multiplicação de boas práticas em relação ao RSU	Divulgação pouco efetiva de boas práticas de gestão de RSU	Ruim	1

Fonte: Autores, 2021.

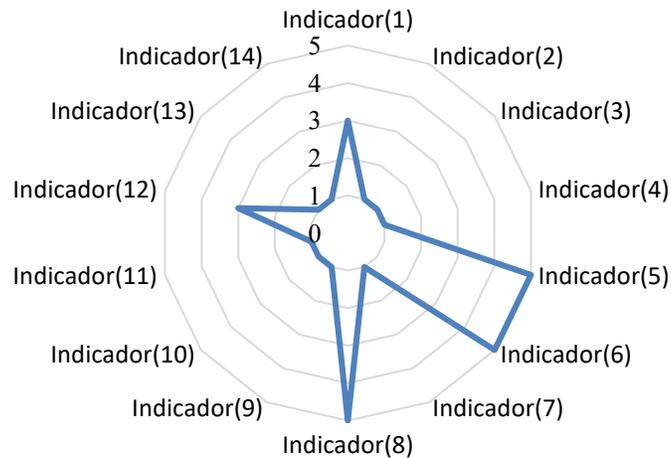


Figura 5. Avaliação dos indicadores.

Análise por dimensões

As notas obtidas em cada indicador foram aplicadas na equação (1), como resultado teremos os valores de cada dimensão que serviram de análise para averiguar o grau de sustentabilidade com que cada uma está sendo trabalhada dentro da gestão de RSU do município e para o cálculo do IQGRS. Nas tabelas a seguir poderemos ver por dimensão, as notas dos indicadores e os pesos atribuídos a cada dimensão pelos especialistas.

Dimensão Ambiental/Ecológica

Tal dimensão trata da preservação do meio ambiente através do uso dos potenciais do ecossistema com o menor dano possível ao sistema ecológico, trocando os recursos esgotáveis pelos renováveis além de implantar meios para diminuir a poluição e resíduos sólidos, intensificando estudos em tecnologias limpas objetivando realçar e atender a capacidade de autodepuração dos meios naturais (Sachs, 2002)

Foi observado que o município possui licenciamento ambiental para suas atividades de manejo e disposição final de resíduos, porém as medidas previstas não foram alcançadas. Como demonstração de tal fato, temos que o município não recupera suas áreas utilizadas para destinação final dos RSU, até o ano de 2018 foram utilizados nove pontos de instalação de lixões a céu aberto sem nenhum plano de recuperação após seus encerramentos (Rabelo e Santos, 2019). Em consequência disso, ficam cada vez mais escassas as áreas disponíveis para construção de um aterro sanitário em decorrência das ocupações espontâneas recorrentes no município e da extensa área de Preservação Ambiental presente na região (Fonseca, 2010). Constata-se também um *déficit* na recuperação de RSU, o município não possui coleta seletiva, baseando-se

no modelo de coleta indiscriminada dispensando assim materiais com potencial reciclável. A respeito disso, Besen (2011) afirma que a coleta seletiva contribuí significativamente para reciclagem reduzindo a quantidade de resíduos sólidos depositados no solo contribuindo diretamente para a sustentabilidade urbana e de saúde pública. Para isso, é importante o planejamento e a avaliação de cenários visando eficiência operacional, ambiental e econômica para a implantação da coleta seletiva em uma determina localidade (Piresa *et al.*, 2017). Tal realidade não entra em consonância com a PNRS bem como com a Agenda 2030 elaborada pela Organização das Nações Unidas (ONU) que tem por objetivo até 2020 alcançar o manejo ambientalmente adequado de todos os resíduos para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente. (ONU, 2015; Brasil, 2010).

Tabela 4. Dimensão Ambiental/Ecológico

Indicadores	Situação da gestão do município	Conceito	Nota
(1) Grau de recuperação de passivos ambientais	Áreas mapeadas, mas não recuperadas.	Bom	3
(2) Grau de implementação das medidas previstas no licenciamento das atividades relacionadas aos RSU	Licenciamento ambiental realizado, porém, as medidas não foram plenamente implementados.	Ruim	1
(3) Grau de recuperação do RSU que estão sob responsabilidade do poder público	Recuperação baixa dos RSU.	Ruim	1

Fonte: Autores, 2021.

Dimensão Econômica

Sachs (2002) aborda esta dimensão como a possibilidade pela alocação e gestão mais eficiência da economia no nível micro e macroeconômico através de um fluxo regular de investimento público.

Esta dimensão foi avaliada com a menor nota. Não é cobrada taxa pelos serviços de saneamento no município em foco, entretanto nenhum serviço público é gratuito (Santos *et al.*, 2020). Serviços de saneamento, como o manejo de RSU, são obrigações do Estado e possuem um determinado custo que a cada dia necessita de maior investimento para que se garanta e respeite os princípios

básicos constitucionais da universalidade de atendimentos dos serviços básicos ambientais e de saúde pública (Santo *et al.*, 2020). Segundo a Constituição Federal de 1988 (Brasil, 2018), os recursos necessários para que o Estado efetue a prestação de serviços públicos podem ser arrecadados através de impostos, taxas, contribuições sociais e empréstimos compulsórios.

Acontece do Estado recorrer ao regime contratual para a prestação de serviços públicos divisíveis ou específicos, a remuneração dar-se-á por intermédio de tarifa, também conhecida como preço público, exigidas por não integrantes da administração Pública, como as concessionárias e permissionárias de serviços públicos (Santos *et al.*, 2020), como é o caso da município estudado. A Prefeitura Municipal de Tucuruí (PMT) firmou contrato no ano de 2018 com a empresa Sancil no valor total de R\$ 4.313.088,00. A empresa afirmou que o financiamento não cobre todos os gastos exigidos na prestação das atividades contratuais. Tal fato é comum em serviços de limpeza urbana de muitos municípios (Debnath e Bose, 2016), levando-os a operarem em meio à ineficiência estrutural e financeira.

A Lei nº 11445/2007 que estabelece a Política Nacional de Saneamento Básico possibilita a cobrança de taxa, tarifa ou outras cobranças de preço pelos serviços públicos de saneamento. A instituição de taxa para manejo de resíduos sólidos ou pelo seu tratamento é vantajoso para se alcançar uma gestão sustentável (Feitosa *et al.*, 2020), pois, além de garantir uma sustentabilidade financeira, também fomentaria a conscientização da população à necessidade de reduzir a geração de resíduos e à sua correta destinação (Gonçalves *et al.*, 2013).

Tabela 5. Dimensão Econômica.

Indicador	Situação da gestão do município	Conceito	Nota
(4) Grau de autofinanciamento da gestão pública de RSU	Existência de fonte específica ou sistema de cobrança para financiamento da gestão de RSU, mas não cobre todos os custos.	Ruim	1

Fonte: Autores, 2021.

Dimensão Social

Esta dimensão tem seu foco em condições igualitárias e serviços de boa qualidade que propiciam boas condições de vida através do fim da carência de boas oportunidades, descaso com os serviços públicos, da pobreza, e outros fatores (Garcia, 2016; Sachs, 2002).

Na localidade em estudo, a dimensão social atingiu maior nível de sustentabilidade na gestão de RSU. Isso demonstra que o Estado está cumprindo seu papel na disponibilização dos serviços básicos de saneamento a todos os habitantes da região. Sabemos que há uma grande deficiência

no Brasil no que se refere a distribuição dos serviços de saneamento básico ocasionados por vários fatores, entre eles está a fragmentação das políticas públicas atreladas a falta de regulação e regulamentação (Medeiros e Rodrigues, 2019) e a gestão ineficiente dos recursos que potencializam os problemas já existentes no setor, inviabilizando o acesso a serviços de qualidade por grande parte da população (Cruz e Ramos, 2012). Dentro do aspecto social também está incluída políticas públicas que apoiam pessoas que atuam direta e indiretamente com RSU. O município possui apenas uma cooperativa de catadores (COOPMART) que atua com 40 colaboradores, os quais possuem renda mensal de até um salário mínimo.

Tabela 6. Dimensão Social.

Indicadores	Situação da gestão do município	Conceito	Notas
(5) Grau de disponibilização dos serviços públicos de RSU à população	Disponibilização plena dos serviços públicos de RSU.	Excelente	5
(6) Grau de abrangência de políticas públicas de apoio ou orientação às pessoas que atuam com RSU	Existência de políticas públicas com alto envolvimento das pessoas que atuam com RSU	Excelente	5

Fonte: Autores, 2021.

Dimensão Político/Institucional

Está atrelada a gestão pública – indicadores (7), (8), (9) e (10) – e a participação social – indicador (11). Sachs (2002) afirma que esta dimensão está baseada na democracia e na apropriação dos direitos humanos, assim como na capacidade de cada Estado em executar o seu projeto nacional em cooperação com seus empreendedores e em coesão social.

A gestão avaliada no estudo possui setor específico para RSU, porém não estruturado. Como exemplo disso temos que a contratada para o manejo de RSU responde a serviços da Secretaria de Obras, Serviços Urbanos e Habitação e não a Secretaria de Meio Ambiente (PMT, 2018). Em seu contrato, a prefeitura municipal exige da contratada treinamento específico e a obrigatoriedade do uso de EPI's pelos seus funcionários bem como serviços atendendo às exigências legais ambientais, à saúde, limpeza urbana e a normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Tabela 7. Dimensão Político/Institucional.

Indicador	Situação da gestão no município	Conceito	Nota
(7) Grau de estruturação da gestão de RSU na administração pública	Existência de setor específico para RSU, porém não estruturado.	Ruim	1
(8) Grau de capacitação dos funcionários atuantes na gestão RSU	Todos os funcionários receberam capacitação específica.	Excelente	5
(9) Quantidade de ações de fiscalização relacionada à gestão de RSU promovidas pelo poder público	Existência de ações de fiscalização, porém em quantidades insuficientes.	Ruim	1
(10) Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente	Existência de Plano Municipal para RSU, porém poucas metas foram atingidas.	Ruim	1
(11) Existência de informações sobre a gestão de RSU sistematizadas e disponibilizadas a população	As informações sobre a gestão de RSU não são sistematizadas.	Ruim	1

Fonte: Autores, 2021.

A contratante específica algumas penalidades caso a empresa não cumpra com suas obrigações ou a prefeitura seja atuada judicialmente por natureza, fiscal, trabalhista ou ambiental por conta de irregularidades constatadas. Acerca da fiscalização, o contrato expressa apenas aquelas relativas a segurança do trabalho. O município possui Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS) criado no ano de 2013 sendo seu prazo de cumprimento de metas até um período de 20 anos, entretanto poucos objetivos foram alcançados. A gestão não possui nenhum meio de sistematização e disponibilização de suas informações acerca do RSU, ficando sujeito a verificação de informações somente em alguns sistemas nacionais.

Dimensão Cultural

Refere-se a conservação de valores, tradições e história de determinada região. Para se alcançar tal dimensão é necessário promover, preservar e possibilitar acesso aos campos culturais da localidade (Sachs, 2002).

O valor *per capita* de resíduos de uma localidade está ligado ao aumento na geração de RSU acarretado pelo elevado do padrão de consumo de bens pela população (Guedes, 2020). A redução da geração de RSU é abordado tanto na PNRS quanto na Agenda 2030 da ONU através da prevenção, redução, reciclagem e reuso dos resíduos gerados. (ONU, 2015; PNRS, 2010). Um estudo realizado por Oliveira *et al.*, (2004) na cidade de Campina Grande, verificou que o valor *per capita* tem maior variação em um curto espaço de tempo em localidades em que a população possui maior poder aquisitivo. No município de Tucuruí, o valor *per capita* igual a 1 significa que a produção de RSU no ano da pesquisa em relação ao ano anterior manteve-se constante, embora o PIB per capita do município aumentou 14.10% no mesmo período (IBGE, 2018). A importância de ter conhecimento e compreensão acerca da geração de RSU possibilita melhor planejamento e desenvolvimento da gestão e gerenciamento desses resíduos (Abduli *et al.*, 2013), evitando assim que algumas etapas, como tratamento e disposição final, sejam inviabilizadas (Costa *et al.*, 2012).

Nesse sentido, buscar outras alternativas econômicas vantajosas para reciclar e/ou reutilizar os resíduos ou diminuir sua geração, são duas possibilidades defendidas por Ribeiro e Moreli (2009) para se alcançar uma gestão sustentável de RSU. Mudar a cultura e o hábito de uma população que tende ao maior padrão de consumo requer um longo processo (Alfaia *et al.*, 2017). Para isso, o desafio das prefeituras é investir em novos modelos de gestão que não somente entere seus resíduos, mas sim fomentar práticas de coletas seletivas, triagem e reaproveitamento de materiais recicláveis tendo em vista a inclusão social (Grimber, 2007). Uma alternativa efetiva para isso, segundo Brito (2016), é investir no trabalho que promova a educação ambiental criando assim uma consciência crítica a toda sociedade levando a formação de novos valores acerca da geração de seus resíduos.

Tabela 8. Dimensão Cultural

Indicador	Situação da gestão no município	Conceito	Notas
(12) Variação da geração per capita	Taxa de variação = 1	Bom	3
(13) Efetividade dos programas educativos continuados voltados para boas práticas da gestão de RSU.	Existência de programas educativos, porém com baixo envolvimento da população.	Ruim	1
(14) Efetividade de atividades de multiplicação de boas práticas em relação ao RSU	Divulgação pouco efetiva de boas práticas de gestão de RSU	Ruim	1

Fonte: Autores, 2021.

Pesos e notas finais das dimensões

Abaixo temos as notas obtidas em cada dimensão (Tabela 9) através da equação (1). O destaque é dado para a dimensão Social, é notória a discrepância de seu valor em relação as demais dimensões. Dois fatores contribuíram para essa disparidade: A atribuição das notas dada pelos especialistas, pois todos os descritores dessa dimensão receberam nota 5; e a resposta da gestão do município, visto que todos os indicadores receberam conceito excelente. Infere-se que a dimensão social está recebendo maior atenção dos gestores a ponto de alcançar um elevado grau de sustentabilidade. Entretanto, as demais dimensões encontram-se em situação negativa.

Tabela 9. Notas das Dimensões

Dimensão	Valores
Ambiental/Ecológica	1.67
Econômica	1.00
Social	5.00
Político/Institucional	1.80
Cultural	1.67

Fonte: Autores, 2021.

No que se refere aos pesos, a Tabela 10 nos mostra os valores resultantes de uma média aritmética simples de todos os pesos atribuídos a cada dimensão pelos especialistas. Com isso, para uma melhor visualização, o Figura 6 abaixo nos mostra a distribuição desses pesos em uma escala de 0-30, ou seja, os valores mais próximos de 30 demonstram a dimensão que possui maior importância dentro de uma gestão sustentável de RSU segundo a percepção dos especialistas.

Tabela 10. Pesos das dimensões

Dimensão	Pesos
Ambiental/Ecológica	23
Econômica	20
Social	15
Político/Institucional	25
Cultural	17

Fonte: Autores, 2021.

Como podemos observar na Figura 6, a dimensão político/institucional, ambiental/ecológica e econômica, segundo o ponto de vista dos estudantes e profissionais da área ambiental envolvidos na pesquisa, são aspectos considerados prioridades dentro da gestão de RSU.

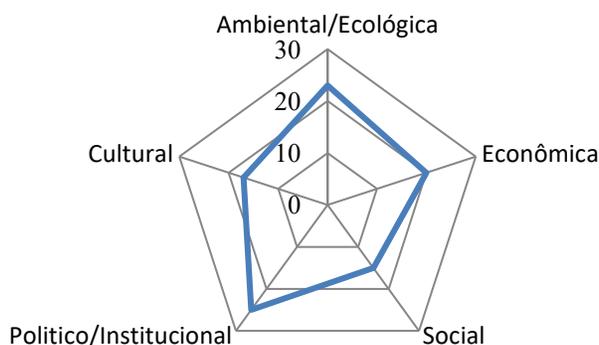


Figura 6. Avaliação das dimensões através dos pesos.

Os resultados obtidos pelos pesos das dimensões serviram para subsidiar os cálculos do estudo, explicitando um olhar de um dos atores que devem integrar a gestão de resíduos segundo a PNRS: a sociedade. Dentro da gestão de RSU, a participação social possui grande importância para melhoria das questões da sustentabilidade, visto que eles vivenciam direta ou indiretamente os transtornos ocasionados pelos resíduos sólidos (Cetrulo *et al.*, 2020). No que se refere a construção de indicadores, esse envolvimento torna-se imprescindível para consolidação de ferramentas para avaliação da sustentabilidade (Reed *et al.*, 2006), pois uma vez que há envolvimento da sociedade, há uma garantia de que a avaliação irá focar em fatores relevantes daquela localidade (Fraser *et al.*, 2006).

Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos Sólidos(IQGRS)

Com as notas obtidas nos cálculos das dimensões e os pesos resultantes da pesquisa, através da equação (2), obteve-se o valor do Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos Sólidos (IQGRS) do município de Tucuruí.

Tabela 11. Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos Sólidos(IQGRS)

Dimensão	Valores	Pesos
Ambiental/Ecológica	1.67	23
Econômica	1.00	20
Social	5.00	15
Política/Institucional	1.80	25
Cultural	1.67	17
	IQGRS	
	2.07	

Fonte: Autores, 2021.

Constata-se que o nível de sustentabilidade da gestão municipal de RSU da cidade de Tucuruí é considerada muito desfavorável conforme os níveis de sustentabilidade definidos por Santiago e Dias (2012) na tabela abaixo:

Tabela 12. Nível de sustentabilidade (NS)

Intervalo de Sustentabilidade	Nível de Sustentabilidade
$1.0 \leq NS \leq 4.0$	Muito desfavorável
$5.0 \leq NS \leq 8.0$	Desfavorável
$9 \leq NS \leq 10$	Favorável

Fonte: Santiago e Dias, 2012.

O IQGRS = 2.07 encontrado implica em um resultado mais pautado que foi proveniente de todos indicadores usados na pesquisa nos dando a possibilidade de interpretar a realidade da gestão de RSU estudada (Daronco, 2014). Oliveira e Oliveira (2019) caracterizam a sustentabilidade ambiental de centros urbanos como algo complexo, pois para alcançar tal nível, deve haver uma conjunta aplicabilidade de diversos instrumentos que norteiam a questão do meio ambiente. Ainda, para os autores, a insustentabilidade acarretada por uma ineficiente gestão ambiental deve ser combatida prontamente, pois tal realidade gera um crescimento exponencial dos problemas ambientais que podem comprometer a saúde de milhares de pessoas.

Mesmo possuindo PMGIRS, essencial para o município lhe dar com a problemática dos RSU (Chaves *et al.*, 2020), a realidade é caracterizada como insustentável ambientalmente na localidade em foco. A incapacidade de gestão e planejamento em concomitância com bancos de dados não consolidados para apoiar a elaboração e execução dos PMGIRS (Godoy, 2013; Santin *et al.*, 2017) são fatores comuns e pontuais nas cidades brasileiras que inviabilizam uma gestão integrada de RSU de forma a contemplar todas as dimensões da sustentabilidade e os atores envolvidos (Feitosa *et al.*, 2020). Para reverter tal situação, é necessário desenvolvimento de modelos baseados numa visão sistêmica que contemplem todos as variáveis envolvidas no alcance da sustentabilidade (Costa *et al.*, 2017).

Conclusão

Com base nos estudos abordados e nos dados obtidos e analisados, constata-se que o município de Tucuruí ainda encontra dificuldades para se adaptar a PNRS, destacando-se a complexidade e dificuldade na obtenção de dados municipais sobre resíduos. Tal realidade enfatiza a importância da presente pesquisa no que se refere ao levantamento de informações sobre a gestão de RSU para a região estudada.

A dimensão social obteve maior nível de sustentabilidade devido a universalização dos serviços de coleta e apoio a cooperativa de catadores existentes no município. Por outro lado, a dimensão econômica encontra-se em nível insustentável, tal fato é resultante da não cobrança de taxa de serviço de coleta de lixo em todo território municipal. O estudo atingiu seu objetivo avaliando a realidade da gestão de RSU através de todos os quatorze indicadores utilizados dos quais nove obtiveram notas baixas na avaliação. Em decorrência disso, o IQGRS resultou em 2.07 e ficou entre $1.0 \leq NS \leq 4.0$ sendo uma avaliação muito desfavorável para sustentabilidade ambiental.

Diante disso, torna-se necessária a mudança no processo gestão dos RSU, devendo ser considerada a capacidade de implementação das políticas públicas de acordo com as particularidades e limitações do município, focando na prática de atividades que sejam baseadas na integração dos poderes públicos, do setor empresarial e da sociedade civil

Referências

- Abduli, M. A., Tavakolli, H., Azari, A. (2013). Alternatives for solid waste management in Isfahan, Iran a case study, *Waste Management & Research*, **31**(5), 532-537. 2013.
- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2017). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017*. Acesso em 12 de Junho de 2019, disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2017>
- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2019). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2019*. Acesso em 12 de Junho de 2019, disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2019>
- Alfaia, R. G. S. M., Costa, A. M., Campos, J. C. (2017). Municipal solid waste in Brazil: A review, *Waste Management & Research*, **35**(12), 1195-1209.
- Ali, M., Geng, Y., Robins, D., Cooper, D., Roberts, W., Vogtländer, J. (2019). Improvement of waste management practices in a fast expanding sub-megacity in Pakistan, on the basis of qualitative and quantitative indicators. *Waste Management*, **85**, 253–263. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.030>
- Barros, R. T. V., Silveira, A. V. F. (2019). Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte, *Eng Sanit Ambient*, **24**(2), 411-423.
- Bertanza, G., Ziliani, E., & Menoni, L. (2018). Techno-economic performance indicators of municipal solid waste collection strategies, *Waste Management*, **74**, 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.009>
- Besen, G. R. (2011). *Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices desustentabilidade*, Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Brasil (2010) *Lei Federal nº 12.305/10. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Acesso em 20 de março de 2018, Diário Oficial da União, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm
- Brito, R. M. S. (2016) *Educação ambiental para manejo dos resíduos sólidos no IFMG, Campus Ouro Preto: uso da gestão do conhecimento*, Tese de mestrado, Fundação Mineira de Educação e Cultura (FUMEC), Faculdade de Ciências Empresariais. Belo Horizonte, 106 pp.
- Castro, M. A. de O. e, Silva, N. M. da, & Marchand, G. A. E. L. (2015). Desenvolvendo indicadores para a gestão sustentável de resíduos sólidos nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, Amazonas, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **20**(3), 415–426. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522015020000109837>

- Cetrulo, N. M., Cetrulo, T. B., Dias, S. L. F. G., Ramos, T. B. (2020). Indicadores de resíduos sólidos em sistemas de avaliação de sustentabilidade local: uma revisão da literatura, *Revista Ambiente e Sociedade*, **23**, 2-32.
- Chaabane, W., Nassour, A., & Nelles, M. (2018). Solid Waste Management Key Indicator Development for Hotels: A Tunisian Case Study Analysis. *Recycling*, **3**(4). <https://doi.org/10.3390/recycling3040056>
- Chaves, G. L. D., Siman, R. B., Sena, L. G. (2020). Ferramenta de avaliação dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos: parte 1, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **(55)**(1). <https://doi.org/10.1590/s1413-4152202020180120a>
- Cifrian, E., Andres, A., & Viguri, J. R. (2015). Developing a regional environmental information system based on macro-level waste indicators, *Ecological Indicators*, **53**, 258–270. D:10.1016/j.ecolind.2015.02.010
- Costa, A. R. S., Santos, T. C. C., Kozmhinsky, M., Alencar, S. K. P., Vale, G. (2017). Aplicação da matriz GUT na gestão integrada de resíduos sólidos da cidade do Recife-PE, *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, **10**(2), 201-213. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2017.10.2.57757>
- Costa, L. E. B., Costa, S. K., Rego, N. A. C., Silva Junior, M. F. (2012). Gravimetric model of household solid waste and socio-economic profile in the city of Salinas/MG, *Revista Ibero – Americana de Ciências Ambientais*, **3**(2), 73-90.
- Crispim, D. L. (2019). *Estudo da situação hídrica da população rural do município de Pombal – PB*, Tese de mestrado, Programa de pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 104 pp.
- Cruz, K. E. A., Ramos, F. S. (2012). Efficiency in the management of sanitation and its impacts on health promotion: an application of data envelopment analysis (DEA), *Data envelopment analysis: theory and applications – proceedings of the 10th International Conference on DEA*. Disponível em: <https://bit.ly/2YjIdAl>
- Dalkey, N., Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science*, **(9)**3, 458-467.
- Daronco, C. G. (2014). *Proposição e aplicação de metodologia e auditoria de planos municipais de saneamento básico*, Tese (Doutorado, Programa de pós-graduação em recursos hídricos e saneamento ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 192 pp.
- Debnath, S., Bose, SK., (2014). Exploring full cost accounting approach to evaluate cost of MSW service in India, *Resources, Conservation and Recycling*, **83**(1), 87-95.
- Dias, R. C. B. (2007). *Método Delphi: Uma descrição de seus principais conceitos e características*, Monografia (Especialização em Pesquisa de Mercado em Comunicação), Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 88 pp.
- Feitosa, A. K., Barden, J. E., Odorico, K., Matos, A. A. M. (2020). Avaliação da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em um Município do Nordeste Brasileiro, *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, **9**(1), 293-315.
- Fernandes, M. V. L. (2005). *Indicadores de avaliação de práticas de controle e prevenção de infecção do trato urinário associada a cateter: construção e validação*, Tese de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 123p.
- Fonseca, D, R, M. (2010). *O Consórcio público intermunicipal como instrumento de gestão dos resíduos sólidos urbanos: um estudo de caso nos municípios de Tucuruí e Breu Branco (Estado do Pará)*, Tese de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local, Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente, Belém, 137 pp.
- Fraser, E. D. G., Dougill, A. J., Mabee, W. E., Reed, M., McAlpine, P. (2006). Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management, *Journal of Environmental Management*, **78**(2), 114–127. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.009>
- Godoy, M. R. N. (2013). Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, *Caderno de Geografia*, **23**(39), 1-12.
- Gonçalves M. A., Tanaka A.K., Amedomar A. A., (2013). A destinação final dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para a cidade de São Paulo através de casos de sucesso, *Future Studies Research Journal*, **5**(1), 96-129.

- Gouveia, N. (2012) Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, **17**(6), 1503-1510.
- Grimberg, E. (2007). Abrindo os sacos de “lixo”: um novo modelo de gestão de resíduos está em curso no país. Acesso em: 17 jul. 2019. Disponível em: http://www.polis.org.br/artigo_interno.asp?codigo=176
- Guedes, N. S. (2020). *Minimização da geração de resíduos sólidos domiciliares e de sua disposição em aterros sanitários: estudo de caso em condomínio vertical na cidade de João Pessoa-PB*, Tese de mestrado, Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 80 pp.
- Ibáñez-Forés, V., Bovea, M. D., Coutinho-Nóbrega, C., Medeiros, H. R. (2019). Assessing the social performance of municipal solid waste management systems in developing countries: Proposal of indicators and a case study, *Ecological Indicators*, **98**, 164–178. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.031>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) Panorama@. Acesso em 20 de agosto de 2019, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucuru/panorama>.
- Jacobi, P. R., Besen, G. R. (2011). Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade, *Estudos Avançados*, (25) 71, 135-158. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142011000100010>
- Lima, C. C. T. (2017). *Aplicação de Indicadores de Sustentabilidade de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Araguari-MG*, Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 61 pp.
- Maiello, A., Britto, A. L. N. P., Valle, T. F. (2018). Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, *Revista Administração Pública*, **52**(1), 24-51. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7612155117>
- Medeiros, V., Rodrigues, C. T. (2019). *Políticas públicas municipais, universalização e eficiência no setor de saneamento básico: uma análise para os municípios mineiros*, Tese (Doutorado em Economia), Programa pós-graduação em Economia do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Minas Gerais.
- Milanez, B. (2002). Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação, Tese (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Monterosso, E. P. (2016). Política Nacional de Resíduos Sólidos: o olhar crítico de um gestor público. In: Amaro, A. B., Verдум, R. (Eds), *Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas interface com o espaço geográfico: entre conquistas e desafios*, Porto Alegre, 22-30p. <https://doi.org/10.21826/9788563800237>
- Mora, M. G. (2021), El método Delphi. In: González, J. M. T. (Eds.), *Técnicas de investigación cualitativa en los ámbitos sanitario y sociosanitario*, Ediciones de La Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, 55 – 63.
- Mucelin, C. A., Berllini, M. (2008). Lixo e Impactos Ambientais Perceptíveis no Ecosistema Urbano, *Sociedade & Natureza*, **20**(1), 111-124.
- Oliveira, S. A., Leite, V. D., Prasad S., Ribeiro, M. D. (2004). Estudo da produção per capita de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Campina Grande-PB, *Revista Saúde e Ambiente*, **5**(2), 37-44.
- Oliveira, S. J., Oliveira, C. (2019). Cidades sustentáveis e a tutela jurídica do meio ambiente artificial: da positivação à conscientização. In Jorge, W. J., Silva, D., Macedo, A, E. F (Eds), *Políticas Públicas e seus desafios na atualidade*, UNIEDUSUL, Paraná, 68-81.
- ONU, Organização das Nações Unidas (2015) *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Acesso em 17 de junho de 2021. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/Agenda2030-completo-site.pdf
- Pereira, S. S., Curi, R. C., Curi, W. F. (2018). Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **23**(3), 471-483. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018162872>
- Piresa A, Sargedasa J, Miguela M, Pinac J, Martinhoa G. (2017). A case study of packaging waste collection systems in Portugal – Part II: Environmental and economic analysis, *Waste Management*, **61**, 108-116.
- PMT, Prefeitura Municipal de Tucuruí (2018) *Contrato nº: 022.2018.20.2.003*, Publicação Diário Oficial Municipal, Seção 3 número 47, 09 de março de 2018.

- Polaz, C. N., Teixeira, B. A. (2008). Indicadores de Sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **14**(3), 411-420. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522009000300015>
- Rabelo, M. F., Santos, V. C. P. (2019). A gestão dos resíduos sólidos no município de Tucuruí-PA, *2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*, Foz do Iguaçu, Paraná. Acesso em 21 de março de 2021, disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/IV-101.pdf>
- Rametsteiner, E., Püzl, H., Alkan-olsson, J., Frederiksen, P. (2011). Sustainability indicators development – Science or political negotiation?, *Elsevier: Ecological Indicators*, **11**, 61 – 70.
- Ramos, R. R. (2013). Gestão de resíduos sólidos urbanos: indicadores de sustentabilidade aplicadas a programas de gestão e associações de catadores de materiais recicláveis, *Geografia (Londrina)*, **22**(3), 27-45.
- Reed, M. S., Fraser, E. D. G., Dougill, A. J. (2006). An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities, *Ecological Economics*, **59**(4), 406-418.
- Resende, L. H. S. (2016). *Análise da gestão de resíduos sólidos de construção civil de Belo Horizonte (MG) a partir da percepção dos atores envolvidos*, Tese de mestrado, Curso de Engenharia Sanitária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 124 pp.
- Ribeiro, D. V., Morelli, M. R. (2009). Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?, *Rio de Janeiro: Interciência*, 158p.
- Rocha, C. A. (2017). *Índice de qualidade ambiental de áreas utilizadas para a prática de atividades físicas e lazer na cidade de Fortaleza, CE*, Tese de mestrado, Pós-graduação Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 188 pp.
- Rozados, H. F. (2015). O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da Ciência da Informação, *Em Questão*, **21**(3), 64-86. <http://dx.doi.org/10.19132/1808-5245213.64-86>
- Sachs, I. *Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002, 96p
- Salmond, S.W. (1994). Orthopedic nursing research priorities: a Delphi study. *Othop. Nurs*, **2**(13), 31-45.
- Santiago, L. S., Dias, S. M. F. (2012). Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **2**(17), 203-212.
- Santin, J. R., Pedrini, M., Comiran, R. (2017). A política nacional dos resíduos sólidos e os municípios brasileiros: desafios e possibilidades, *Revista de Direito da Cidade*, **9**(2), 556-581, 2017. <https://doi.org/10.12957/rdc.2017.26985>
- Santos, W. J. R., Leite, W. C. A., Schalch, V. (2020). A sustentabilidade econômico-financeira da gestão de resíduos sólidos domiciliares, em um município de porte médio do interior do estado de São Paulo. *Brazilian Journal Of Development*, [S.L.], **6**(4), 18192-18204, 2020. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n4-114>
- Silveira, S. F. (2018). *Avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Itabira (MG): uma ênfase na coleta seletiva*. Tese de mestrado, Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 239 pp.
- Tenório, C.R., Lima, A.M.M. (2013). Indicadores de eficiência do Plano Diretor Municipal de Tucuruí-Pa, *Revista de Geografia (UFPE)*, **30**(3), 146-162. Acesso em 20 de agosto de 2019, disponível em <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229085/23491>
- Vecchi, T. P. B., Surco, D. F., Constantino, A. A., Steiner, M. T. A., Jorge, L. M. M., Ravagnani, M. A. S. S., Paraíso, P. R. (2016) A sequential approach for the optimization of truck routes for solid waste collection. *Process Safety and Environmental Protection*, **10**(2), 238-250.
- Wright, J. T. C., Giovinazzo, R. A. (2000). Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo, *Cadernos de Pesquisa em Administração*, **1**(12), 54-65.
- WWF, World Wide Fund For Nature (2019). *Solucionar a poluição plástica: Transparência e responsabilização. Relatório Técnico*. Acesso em 04 de janeiro de 2020, disponível em: <http://promo.wwf.org.br/solucionar-a-poluicao-plastica-transparencia-e-responsabilizacao>