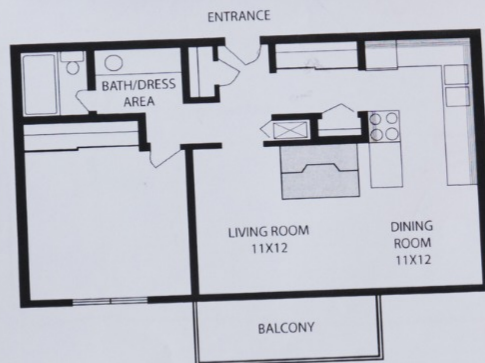


ENGENHARIA: A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME X



LEGEN



EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Engenharia: a máquina que constrói o futuro

10^a ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

10ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238E Engenharia: a máquina que constrói o futuro

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2024

75 f.: il

DOI: 10.37423/2024.edcl965

ISBN: 978-65-5367-522-3

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. desenvolvimento 2. projeto 3. construção I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2024.edcl965>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli
MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior
Dra. Suely Lopes de Azevedo
Dr. Francisco Odecio Sales
MSc Ezequiel Martins Ferreira
MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio
MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo
Dr. Rodrigo Couto Santos
Dra. Milena Gaion Malosso
PHD Marcos Pereira Dos Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	5
UTILIZAÇÃO DOS FINOS RESIDUAIS DO CORTE DE GRANITO COMO CARGA DE SABÃO EM PASTA	
Flavia Pereira Puget	
Edson Siqueira Nunes	
Izaque de Jesus Oliveira Tomas	
DOI 10.37423/240609065	
CAPÍTULO 2	14
ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DO INDICADOR OEE COMO INDICADOR DE DESEMPENHO GLOBAL DA UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO EM EQUIPAMENTOS FERROVIÁRIOS.	
Daniel Rodrigues Oliveira	
JULIELDA DA SILVA ASSUNÇÃO	
DOI 10.37423/240609081	
CAPÍTULO 3	26
FENÔMENOS FÍSICOS-MATEMÁTICO PARA ENGENHARIA: ASPECTOS TEÓRICOS E COMPUTACIONAIS	
ARMANDO LUIZ ANDRADE PEIXOTO	
DOI 10.37423/240609087	
CAPÍTULO 4	45
AVALIAÇÃO APÓS IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE COLETA MECANIZADO EM CIDADE DO LITORAL CATARINENSE	
CAMILA PASSARELLA BORTOLETTO	
ELISABETH PELOSI TEIXEIRA	
Everton Herzer	
Tiago Raimundo Munhoz	
Nathalia Soares Costa	
DOI 10.37423/240609104	
CAPÍTULO 5	55
ANÁLISE ENTRE O ANTIGO E O NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL E OS DECRETOS EM ATUAL VIGÊNCIA	
Robert William Florentino	
Emilly Giacobbo	
Guilherme Gavlak	
Maiza Karine Barcia	
Ana Carolina Barbosa Kummer	
Tatiane Bonametti Veiga	
DOI 10.37423/240609110	

Capítulo 1



10.37423/240609065

UTILIZAÇÃO DOS FINOS RESIDUAIS DO CORTE DE GRANITO COMO CARGA DE SABÃO EM PASTA

Flavia Pereira Puget

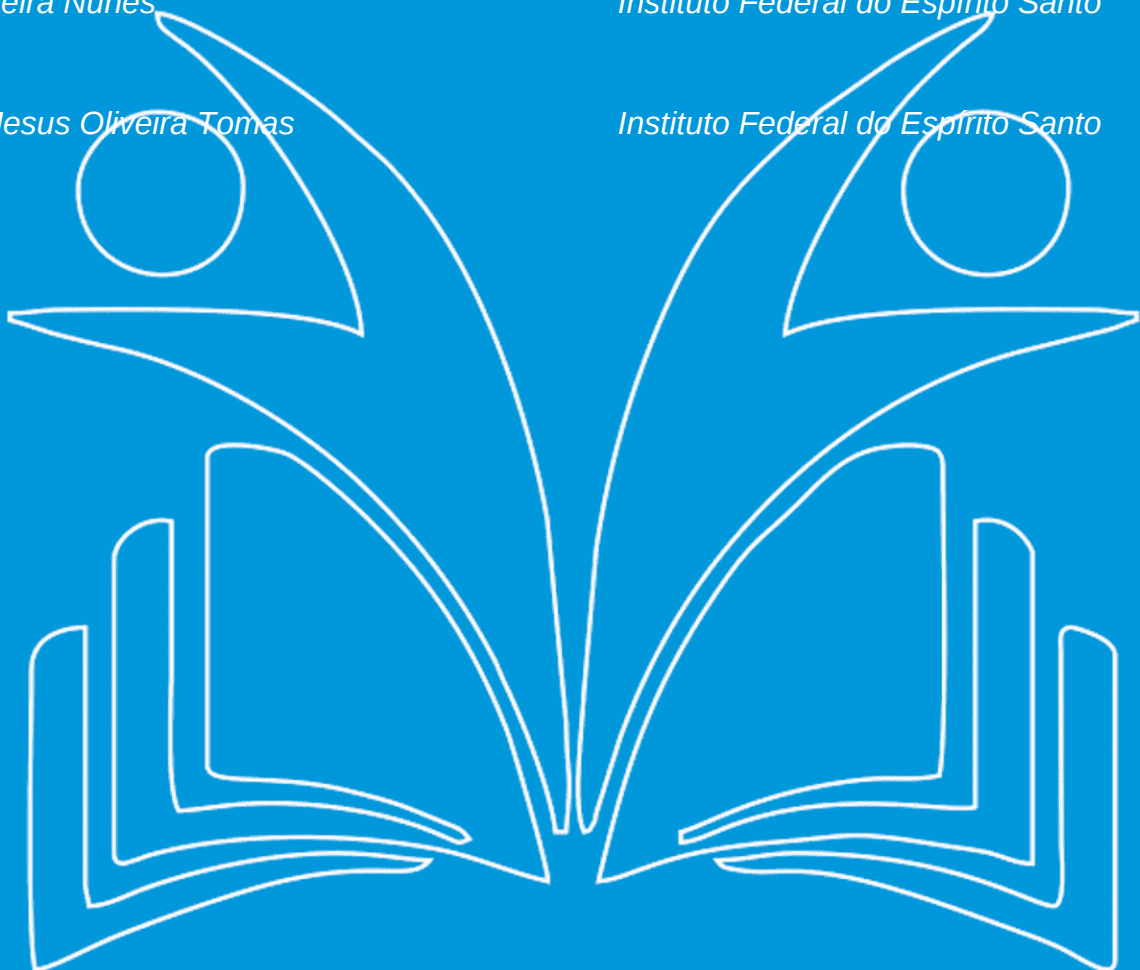
Instituto Federal do Espírito Santo

Edson Siqueira Nunes

Instituto Federal do Espírito Santo

Izaque de Jesus Oliveira Tomas

Instituto Federal do Espírito Santo



Resumo: A destinação e disposição correta de resíduos sólidos é um desafio constante para a redução dos impactos ambientais e melhoria da qualidade de vida. A atividade de beneficiamento do granito, atividade de destaque no estado do Espírito Santo, é alvo do interesse daqueles que buscam alternativas de destinação correta, por ser uma atividade que gera grandes quantidades de resíduo. Sabe-se que cerca de 20 a 25% dos blocos se transformam em lama abrasiva, resíduo este cuja destinação final é um grande problema. Com base na composição desse resíduo, o trabalho visa estudar o reaproveitamento da lama proveniente do beneficiamento de granito, como alternativa para a formulação de sabão em pasta. Os resultados mostraram que o sabão produzido apresentou resultados bastante promissores quanto a aplicação do mesmo para a remoção de gordura e graxa, mostrando que é possível incluir o resíduo do beneficiamento do granito no produto em substituição as bentonitas. É importante controlar a quantidade de água e de resíduo sólido na formulação para que o produto final tenha a consistência desejada (pastosa), bem como controlar a temperatura de aquecimento de óleo para que a saponificação seja bem-sucedida.

Palavras-chave: lama abrasiva, sabão em pasta, resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

A questão ambiental é um assunto cada vez mais discutido nos últimos tempos, um desafio constante para a redução dos impactos ambientais e melhoria da qualidade de vida é a destinação e disposição correta de resíduos sólidos.

A reciclagem desponta como uma forma bastante atrativa para o gerenciamento de resíduos, pois permite que o que antes era considerado lixo, se transforme em matéria-prima para outros processos, reduzindo o impacto causado pela incorreta disposição destes no meio ambiente.

Segundo o site da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS [1], o Brasil é o quinto maior produtor de rochas ornamentais acabadas, sendo estas exportadas para países das Américas, Europa e Ásia. A produção total brasileira de rochas ornamentais supera 4 milhões de toneladas por ano, sendo 3 milhões de granito e 1 milhão de mármore. O Estado do Espírito Santo se destaca por ser responsável por 56% da extração de granito e 75% da produção de mármore.

Apesar do quadro econômico bastante animador, do ponto de vista ambiental, o cenário é bastante preocupante. As atividades de beneficiamento de rochas ornamentais geram uma grande quantidade de resíduos (entre 20 e 25% do total da massa dos blocos) na forma de lama, geralmente composta por água, gralha, cal e pó de rocha, que alcançam rios, lagos, córregos e até mesmo os reservatórios naturais de água, pois são lançados no ecossistema sem o devido tratamento prévio. [2]

Dessa forma, o desenvolvimento de um trabalho que utiliza a lama produzida no beneficiamento do granito, se torna bastante atrativo por reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto desse tipo de resíduo.

Muitos fabricantes utilizam a bentonita em processos de produção de sabões, detergentes, amaciantes, etc. Este mineral possui uma composição química muito próxima ao do resíduo oriundo do processo de polimento de chapas de granito. Como todo processo de extração mineral, a atividade extrativista em jazidas de bentonita é bastante visada pela sociedade pelo fato de causar grandes impactos ambientais, seja pelo lado negativo como pelo lado positivo. Os impactos ambientais são: a destruição da fauna e da flora, as perdas físicas e químicas dos solos, o que afeta diretamente a biodiversidade, causando uma perda significativa da capacidade produtiva e, consequentemente, provoca a fuga do homem da zona rural para a zona urbana e entre outros. [3]

A reutilização de finos de granito como carga na produção de sabões em pasta é uma forma de agregar valor ao resíduo transformado em outro produto, com possibilidade de substituir a bentonita como matéria prima, evitando impactos ambientais causados na extração e beneficiamento deste minério.

A Tabela 1 mostra a similaridade da composição química da bentonita gelmax 400 e da lama abrasiva.

Tabela 1: Comparação entre a composição química da bentonita e o resíduo

Compostos	Bentonita Gelmax 400 (% em massa)	Resíduo Granítico (% em massa)
SiO ₂	67,24	72,17
Al ₂ O ₃	16,52	10,80
Fe ₂ O ₃	1,33	5,04
CaO	1,20	2,33
Na ₂ O	2,61	2,34
K ₂ O	0,656	3,87
MnO	0,01	0,08
TiO ₂	0,22	1,07
MgO	3,55	0,94
P ₂ O ₅	0,04	0,27
PF	6,06	1,08
PF: Prova ao Fogo		

Fontes: Site da Schumacher Insumos [4] e Moreira et al. [5]

O produtor destaca diversas propriedades e vantagens de se utilizar o produto na formulação de sabões e detergentes tais como: grande poder de emulsão e ação detergente, alta capacidade de dispersão em água, formação rápida de espuma abundante, poder adstringente na eliminação total de materiais oleosos, além de reduzir significativamente as matérias oleosas utilizadas na preparação do sabão.

Com base nessas informações do fabricante da Gelmax-400 e na proximidade entre a composição do produto e da lama abrasiva do granito é que se pretende investigar a possibilidade de incorporação desse resíduo na formulação de um sabão em pasta. Espera-se dessa forma alcançar resultados de qualidade semelhantes ao que se consegue quando se utiliza Gelmax-400 na formulação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho empregou-se lama abrasiva fornecida por uma empresa que realiza o polimento de chapas de granito e óleo comestível usado doado por uma padaria. Ambos os estabelecimentos se situam em Aracruz no Estado do Espírito Santo.

PRIMEIRA ETAPA: PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS

A lama abrasiva usada foi previamente seca por 24 horas em temperatura ambiente e a umidade média do material foi determinada por método gravimétrico. Conforme apresentado na literatura [6] o resíduo da serragem, como é normalmente denominado, apresenta uma granulometria fina, com 71,65% de materiais com dimensões inferiores a 0,075mm. Segundo os autores, a variação do tipo de rocha granítica que será cortada não proporciona significativas alterações na granulometria do resíduo final. O óleo doado, previamente filtrado à vácuo, foi caracterizado através dos seguintes parâmetros: turbidez, massa específica, índice de acidez (Ia) e índice de saponificação (IS).

A turbidez foi determinada em um turbidímetro microprocessado da marca TecnoPON, modelo PB 1000.

A massa específica foi determinada pela razão entre a massa e o volume correspondentes a 10mL do óleo.

Para a determinação do índice de acidez do resíduo oleoso foram pesados 28g de amostra de óleo em 3 erlenmeyers de 250mL. Em cada um foram adicionados 50mL de solução éter-álcool (2:1) e 3 gotas de fenolftaleína. Foram titulados com hidróxido de sódio 0,1M. Através dos volumes registrados na bureta e da equação 1, é possível calcular o índice de acidez.[7]

$$Ia = \text{mg de base/g de gordura} \quad \text{equação (1)}$$

Para a determinação do índice de saponificação foi preparada uma solução 0,5M de hidróxido de potássio dissolvendo 6g do soluto em 4ml de água e volume completado até 200 mL com álcool. Esta solução ficou em repouso por 24 horas para decantação e filtração. Foram tituladas alíquotas de 25mL desta solução com ácido clorídrico 0,5M usando fenolftaleína como indicador (os resultados da titulação foram registrados como *a*mL). Para a hidrólise foram pesados cerca de 2g do resíduo oleoso em um erlenmeyer e foram adicionados 25mL da solução de hidróxido de potássio. O erlenmeyer foi aquecido numa chapa de aquecimento e ainda quente o excesso de base foi titulado com ácido clorídrico 0,5M (os resultados da titulação foram registrados como *b*mL).[8] O índice de saponificação é determinado pela equação 2:

$$IS = [(a-b) \cdot C \cdot MM] / m \quad \text{equação (2)}$$

a= resultado da 1ª titulação *b*= resultado da 2ª titulação *C*= Concentração do KOH

MM= Massa Molar do KOH *m*= Massa da amostra

RESULTADOS DA ETAPA DE CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

A lama abrasiva após 24 horas de secagem a temperatura ambiente apresentou umidade igual a 14,42%.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos na caracterização do óleo usado nas formulações

Tabela 2: Resultados obtidos experimentalmente.

Caracterização do Resíduo Oleoso	
Índice de Acidez	67,3mg de KOH/g de óleo
Índice de Saponificação	196
Massa Específica	0,889 g/ml
Turbidez	18,3 NTU

SEGUNDA ETAPA: FORMULAÇÃO DO SABÃO

Para determinação da formulação ideal para o sabão em pasta foram testadas diferentes concentrações dos reagentes (Tabela 3) até conseguir uma pasta homogênea e de fácil uso na remoção de graxas e gorduras.

Tabela 3: Formulações Testadas

Reagentes	Formulações						
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a
NaOH (g)	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4
Água (mL)	45	45	45	55	65	65	60
Etanol (mL)	0	0	13	13	13	13	0
Óleo Residual (mL)	50	50	50	50	50	50	50
Finos Residuais de Granito (g)	30	60	30	30	30	30	30
Essência	0	0	0	2	2	0	0

PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NAS FORMULAÇÕES

Primeira Formulação

Solubilizou-se o hidróxido de sódio em 10mL de água, logo esta foi adicionada ao óleo na temperatura de 80°C. Após 20 minutos de agitação, foram adicionados 30g dos finos de granito suspensos em 35mL de água ao sabão formado.

Segunda Formulação

Foi seguido o procedimento anterior, porém adicionando 60g dos finos de granito.

Terceira Formulação

Os 9,4g de Hidróxido de Sódio foram solubilizados em 10mL de água. Quando o óleo atingiu a temperatura de 80°C, logo foi adicionado a solução alcalina e o álcool. No momento em que se adicionava o álcool, foi formada uma grande quantidade de espuma que endurecia abruptamente atrapalhando a reação de saponificação. Averiguou-se que a temperatura do óleo tinha que ser inferior ao do ponto de ebulição do álcool, ou seja, menor que 78,4°C.

Quarta Formulação

Solubilizou-se os 9,4g de Hidróxido de Sódio em 20ml de água. Quando o óleo atingiu a temperatura de 65°C a 75°C, foram misturados a solução alcalina e álcool. Após 20 minutos de agitação, foram adicionados 30g dos finos com 35mL de água. Foram agitados mais 2 minutos para distribuir melhor os finos.

Quinta Formulação

Foi seguido o mesmo procedimento anterior, porém solubilizando a soda cáustica em 30mL de água.

Sexta Formulação

Foi seguido o mesmo procedimento anterior, porém solubilizando a soda cáustica em 15mL de água.

Sétima Formulação

Foram aquecidos 50mL de óleo residual até 60°C. Logo foram adicionados 9,4g de hidróxido de sódio diluído em 10mL de água. A emulsão foi agitada por aproximadamente 20 minutos, ainda pastoso e quente, foram adicionados 30g dos finos, e para ajudar a sua homogeneização foram transferidos 30mL de água. Após esse procedimento a emulsão foi agitada por mais 5 minutos até apresentar uma cor uniforme.

RESULTADOS DA FORMULAÇÃO DO SABÃO

Como foram testadas 7 formulações, cada uma se apresentou de uma forma diferente depois de pronto.

Primeira Formulação: O sabão formado ficou bem sólido logo no dia seguinte.

Segunda Formulação: O aspecto do sabão formado era pastoso e bem escuro, mas endureceu bastante após uma semana, não sendo satisfatório.

Terceira formulação: O sabão endureceu muito e ficou com aspecto não homogêneo. Percebeu-se que a temperatura do óleo tinha que ser inferior ao do ponto de ebulição do álcool, ou seja, menor que 78,4°C. Quarta Formulação: O sabão formado era líquido, porém 4 dias depois, o sabão ficou pastoso

Quinta Formulação: O sabão formado era líquido e não endureceu mesmo após 7 dias.

Sexta Formulação: O sabão formado era líquido, após 3 dias, ficou pastoso, mantendo-se com essa consistência final.

Sétima Formulação: O sabão formado era pastoso, mas após 24 horas apresentava como uma pasta similar a alguns sabões em pasta do mercado, ou seja, esta foi considerada a formulação ideal.

Com base nos resultados é possível verificar que tanto a quantidade de água, quanto a quantidade de pó de granito interferem diretamente na consistência do produto final. Pouca água e muito pó de granito levam a produtos sólidos.

A temperatura de aquecimento do óleo é determinante para o sucesso da formulação. Bons resultados foram obtidos quando a temperatura de aquecimento do óleo era mantida em torno de 60°C.

Os finos residuais de granito possuem uma coloração acinzentada. Por este motivo o sabão em pasta formado apresenta uma cor cinza.

O pH dos sabões em pasta disponível no mercado fica em torno de 10. O sabão com formulação ideal foi avaliado quanto ao pH final que ficou em torno de 12. Dessa forma, foi necessário adicionar 0,5mL de ácido sulfúrico para cada 50mL de óleo. O pH final ficou em torno de 9.

Em testes preliminares foi verificada a facilidade de remoção de gordura grosseira, agradável odor e ótima formação de espuma.

CONCLUSÕES

O sabão produzido apresentou resultados bastante promissores quanto à aplicação do mesmo para a remoção de gordura e graxa, mostrando que é possível incluir o resíduo do beneficiamento do granito no produto em substituição as bentonitas.

Uma verificação da aceitação do produto deve ser feita através da avaliação da comunidade, assim como um levantamento dos custos para verificação da viabilidade econômica do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. http://www.abirochas.com.br/info_mercado/Estrutura_de_Comercializacao_Mercado_Inter.no.pdf Acessado em 27 de agosto de 2010.
2. Silva, S. A. C. (1998). Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito. Estudo do Potencial de Aplicação na Fabricação de Argamassas de Assentamento e de Tijolos de Solo-Cimento. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.
3. Ferreira, E. S. Lira, W. S. Cândido, G. A. SUSTENTABILIDADE NO SETOR DE MINERAÇÃO: UMA APLICAÇÃO DO MODELO PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA; Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 84, jul. /set. 2010
4. <http://www.schumacherinsumos.com.br/gelmax.htm> WEBSITE DA EMPRESA SCHUMACHER INSUMOS
5. J. M. S. Moreira; J. P. V. T. Manhães; J. N. F. Holanda. Cerâmica - Reaproveitamento de resíduo de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha vol.51 no.319 São Paulo July/Sept. 2005
6. http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/utilizacao_do_residuo_provenient_e_da_serragem_de_rochas_graniticas_como_material_de enchimento_em_concretos_asfalticos_usinados_a_quente.html
7. http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_lipidios/indice_acidez.htm Website da UNESP - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
8. Vogel, A., I. - ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVA; 6ª edição, V 868, pag. 203, 2002

Capítulo 2



10.37423/240609081

ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DO INDICADOR OEE COMO INDICADOR DE DESEMPENHO GLOBAL DA UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO EM EQUIPAMENTOS FERROVIÁRIOS.

Daniel Rodrigues Oliveira

Instituto Federal do Pará

JULIELDA DA SILVA ASSUNÇÃO

Vale S.A.



Resumo: O desenvolvimento deste trabalho tem como objetivo analisar o processo de implantação e monitoramento do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness*) em uma ferrovia da região. Este trabalho foi desenvolvido através de pesquisas: bibliográfica, exploratória, quantitativa, qualitativa, pesquisa-ação e documental. Todo o percurso de estudos e desenvolvimento desta pesquisa mostra todas as etapas de implantação do OEE, que foi iniciada através das revisões bibliográficas e exploratórias, após o estudo da ferramenta como amostragem e desenvolvimento dos cálculos de desvios, disponibilidade operacional, uso e produtividade e pela implementação final do Indicador. O período de implantação do Indicador OEE foi de 90 dias e teve um acompanhamento geral de 12 meses, contando de janeiro a dezembro/20. Em um primeiro momento, foi escolhida a área onde seria implantado e quais grupos de equipamentos seriam estudados para a atividade final. Nas teorias da Manutenção Produtiva Total (TPM), as ações são posteriormente executadas no chão de fábrica. Em conclusão, comprovou-se que o indicador estudado é eficiente para a melhoria da eficiência produtiva dos equipamentos estudados e identificação mais detalhada dos dados dos desvios e perdas do processo para posterior tratamento com ações estruturantes.

Palavras-chave: Equipamento, OEE, Eficiência.

INTRODUÇÃO

Segundo o autor Pomorski (1997), durante a confecção dos produtos com as inovações e as melhorias de qualidade dos serviços aos compradores/ clientes e a excelência de produção tem se tornado um diferencial a frente a concorrência das demais empresas. Como a sociedade foi e está sendo organizada diz muito sobre o processo de produção, e quando há uma compreensão dos métodos de produção, a tendência é entender como os mais diferentes tipos de sociedades e épocas, usaram suas técnicas para se adquirir determinado bem através das técnicas de produção existentes. (DESIOMBRA, 2014).

As ferramentas de TPM (*Total Productive Maintenance*) aplicam-se com frequência, principalmente em indústrias de médio a grande porte, o indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) (SILVA, 2021). Um dos objetivos principais do OEE é poder verificar e responder os três principais questionamentos relevantes: Qual a frequência de disponibilidade operacional dos equipamentos? Com qual a velocidade que estão produzindo? Quanto eles estão sendo produtivos referente ao tempo disponível e a sua velocidade quantos produtos foram produzidos sem perdas? BUSSO (2012).

Segundo Corrêa (1992), o indicador do OEE hoje é a forma principal utilizada para mensurar a eficiência global. Nas indústrias existem as mais variadas formas métricas que podem ser utilizadas para analisar a eficiência ou não de um processo. Com a Eficiência Global do Equipamento torna-se viável a identificação se as máquinas de uma determinada área produtiva com menor eficiência, assim podendo melhorar através dos pontos de causas. Apesar de o Indicador de OEE ser dividido em quatro índices (Disponibilidade, Produtividade, Utilização ($\text{Produtividade} + \text{Utilização} = \text{Performance}$ e Qualidade) nesse trabalho será abordado apenas três dimensões, que serão verificados se os equipamentos estão realizando as atividades de forma correta (CHIARADIA, 2004).

Conforme NAKASATO (1994), O primeiro índice é o de disponibilidade operacional (D.O.), aonde é possível verificar e medir a funcionalidade de um equipamento se ele está parado ou funcionando. O segundo é a eficiência produtiva (EP) ou o termo mais conhecido como produtividade, esse índice pode ser analisado se determinado processo e/ou equipamento está funcionando com na sua máxima capacidade. O terceiro índice é o índice de Utilização Física (UF) que compõe o OEE. Este verifica se o equipamento está produzindo com os critérios corretas. O objetivo da implantação da ferramenta OEE, foi gerenciar o tempo de utilização e produtividade das máquinas na malha ferroviária, e junto a isso treinar e desenvolver a equipe para compreensão uso da ferramenta OEE, visando que esta linha é responsável pelas manutenções da ferrovia.

Para o presente trabalho desenvolvido, foi encontrado uma problemática através de pesquisas, sendo: Hoje nas organizações muitos ativos não são utilizados na sua capacidade e tempo disponíveis que os contemplam. Na empresa foi implantado o Indicador, e conseqüentemente acompanhado as variáveis dentro do OEE como, produtividade, utilização e disponibilidade física. De posse dos resultados, foram realizadas ações de forma a otimizar cada um desses processos e diminuir as falhas nas malhas ferroviárias. Através dos estudos realizados conclui-se que a metodologia utilizada poderá ser usada por outras empresas do mesmo setor ferroviário.

METODOLOGIA

Esse trabalho foi desenvolvido através das pesquisas: bibliográfica Severino (2000), exploratória, quantitativa, qualitativa, ação e documental, Lakatos e Marconi (2008), Fonseca (2002). E o desenvolvimento do projeto de OEE realizou-se na área de Manutenção Mecanizada especificamente em equipamentos ferroviários de grande porte em uma mineradora da região no ramo ferroviário de grande porte durante os meses de janeiro a dezembro de 2020. Os equipamentos utilizados para o processo são máquinas ferroviárias. O fluxograma apresentado na figura 1 mostra todas as etapas do processo.

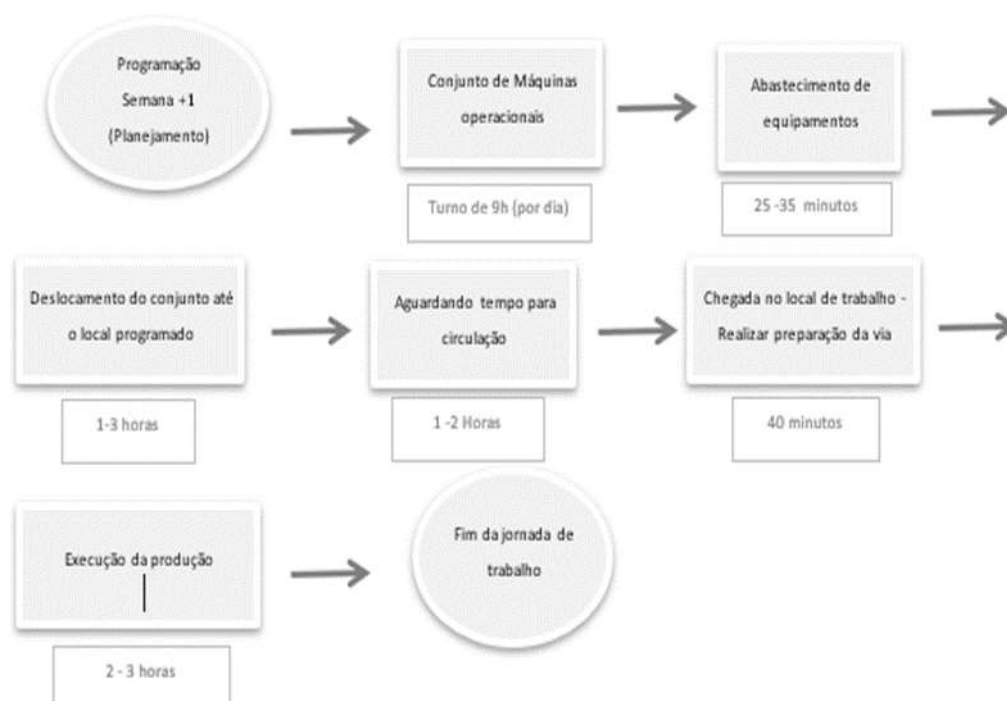


Figura 1. Detalhamento do processo. Fonte: Autores.

COMEÇO DA IMPLANTAÇÃO DA FERRAMENTA OEE

Durante processo de implantação do indicador de OEE (Eficiência Global do Equipamento), foram pesquisadas outras áreas dentro da companhia que haviam implantado o indicador e como seriam as fases corretas a serem seguidas. Duas diferentes áreas foram estudadas junto com os colaboradores responsáveis: a área de Silos de carregamento de mineiro e também de área de inspeção preventiva da ferrovia (carros ultrassons), para que ajudassem diretamente na implantação do projeto.

Os principais processos da empresa devem ter indicadores padronizados, a fim de garantir compatibilidade entre fórmulas, reprodutibilidade, segurança e qualidade nas informações, além de permitir a comparação entre o desempenho de diferentes unidades de negócio, buscar *benchmarks* internos e mapear oportunidades de melhoria. Há dois tipos de indicadores: de resultado e de processos. Os indicadores de resultado, também chamados de itens de controle (IC), medem a eficácia e avaliam se a saída do processo é o resultado esperado. Já os indicadores de processo, também chamados de itens de verificação (IV), medem a eficiência e avaliam o desempenho dos componentes do processo que garantem a entrega esperada, como mostrado na figura 2.

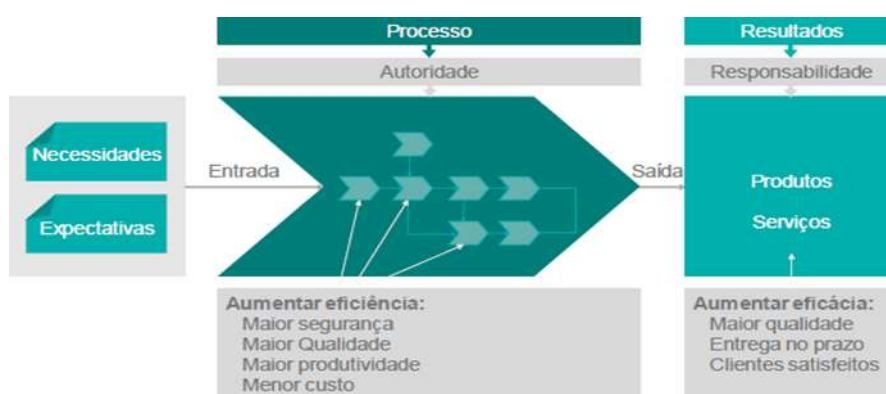


Figura 2. Indicadores de Resultado e de Processo. Fonte: Autores.

Para a implantação do Indicador de OEE referente a equipamentos ferroviários foram verificadas as outras formas de medidas dos indicadores variáveis ao OEE, como por exemplo: O indicador de Disponibilidade Operacional (D.O), O indicador de Utilização Física (UF) é o Indicador de Produtividade (P), dimensões essas que estão dentro do cálculo do OEE. Apesar de a ferramenta (padrão) fazer referência também a medir o indicador de qualidade, a empresa mede separadamente e não entra na contagem do cálculo.

Hoje ainda os indicadores de D.O, U.T e Produtividade são medidos separadamente por áreas específicas inerentes ao processo, mas com a implantação do OEE as informações são unificadas em

uma única de fonte de verificação e acompanhando por todos da gerência. O período de implantação e acompanhamento foi de 12 meses (janeiro a dezembro), tendo dedicação diária de 4 a 6 horas por dia nos primeiros 4 meses e logo depois 1 a 2h diárias nos restantes dos meses, as discussões de ideias foram realizadas nas primeiras duas semanas do mês de janeiro, foram realizadas reuniões com algumas áreas de interface , e também a área de manutenção e sequencialmente toda equipe da gerência de manutenção mecanizada ao Gemba (Chão de fábrica) para executar as ideias na prática.

TEORIA DO PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DA OEE

Foi especificado a todos os integrantes (corpo técnico) para acompanhamento da ferramenta e o que realmente é, e qual era o propósito da ferramenta OEE. A resolução ficou: sendo uma forma de medir e evidenciar as perdas e as causas (desvios) dos equipamentos através dos índices de Disponibilidade Operacional (D.O.) utilização (UT) e Produtividade (P). Para melhor entendimento foi desenvolvido uma linha do tempo, contendo todas as fases de implantação e o que foi necessário, como estudos, reuniões e verificações do método, conforme apresentada na figura 3.

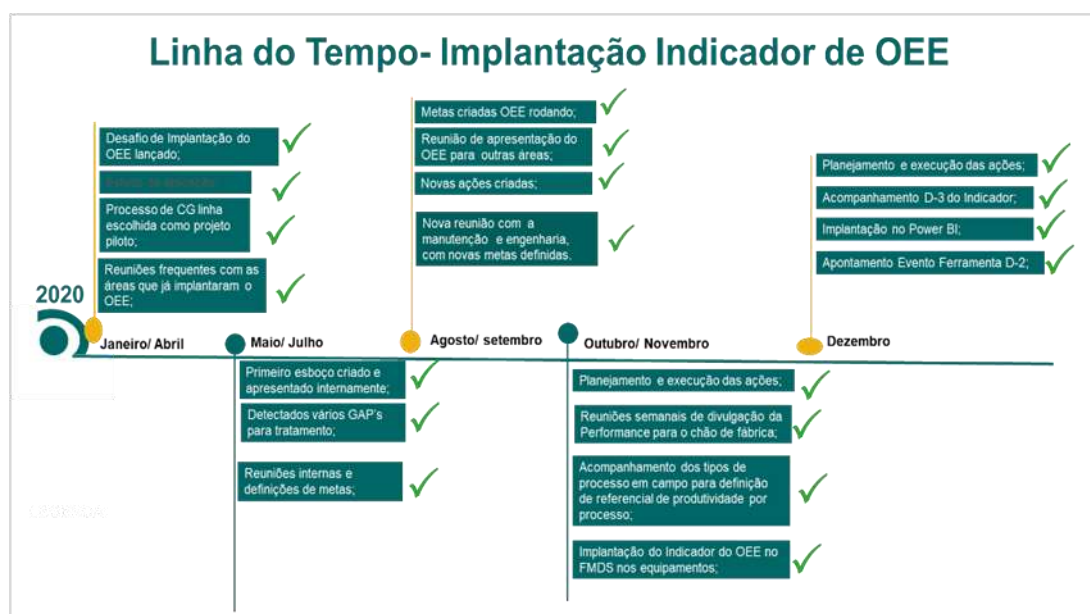


Figura 3. Linha do tempo de implantação do OEE. Fonte: Autores.

Outro ponto importante é informa-los sobre os tipos de turnos de trabalhos dos equipamentos, por exemplo, que há equipamentos que trabalham de segunda a sexta (5x2) e há equipamentos que tem turnos de domingo a domingo (7x7) onde a forma de medir pode variar. A medida do período de disponibilidade dos equipamentos pode ser equiparada às perdas durante um processo. A hora calendário de disponibilidade deve ser um ponto também a se considerar, pois todos os equipamentos

trabalham em regime administrado, ou seja, com início previsto para as 7h e finalizando as 16h contabilizando uma meta diária de D.O de 9h/dia. Na figura 3 abaixo mostra a razão das repartições de um dia é como as máquinas tendem a performar.



Figura 3. Razão de como os equipamentos são utilizados. Fonte: Autores.

Na figura 3 é mostrado como funciona em média a máquina em um dia normal, sendo que 24h é o tempo que a máquina fica à disposição da equipe de operação, levando-se em consideração que a equipe de fato só trabalha durante o dia e apenas 9h ou um pouco a mais, a TT (tempo de trabalho) é que tempo que é disponibilidade que central disponibilidade para trabalhar em certos pontos da ferrovia, uma média de 3h por MI dia, mas antes de iniciar atividade há um de tempo de preparação que dependendo da extensão da linha há um investimento de 40 minutos, ou seja, o tempo mesmo produtivo é de 2h20min.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A correção geométrica de linha de ferrovia durante os últimos anos contou com máquinas a diesel, sendo as com início de tag "Soc" e "Reg" sendo elas um conjunto de máquinas, SOC- Socadoras de linhas e REG – Reguladoras de Lastro no total de 9 conjuntos que atendem toda a expansão da região. Que são responsáveis por alinhar e regular para gerar melhores resultados de velocidades de trens, resultando o maior volume mineiro transportado e seguro. Para que se quantifique a efetividade das máquinas, utiliza-se o indicador de OEE (%).

O OEE das Correções geométricas de linha representa o desempenho ou efetividade geral da frota, por meio da média das OEE individuais de cada conjunto. No que lhe concerne, o OEE é resultado do produto de três sub indicadores, Disponibilidade Operacional (DO), utilização física (UF) e produtividade (em m/h). Ou seja, o rendimento geral é a multiplicação das médias de:

- Horas disponíveis da frota (em %, sendo 100% as horas totais calendário de 9h dia (horário adm)) DO.
- Horas produtivas da frota (em %, sendo 100% as horas disponíveis dos equipamentos) UF.

- Produtividade das máquinas, em m/h (em %, sendo 100% a produtividade orçada pelo planejamento) PRODUTIVIDADE.

As tabelas 01, 02, 03 e 04 a seguir apresentarão trimestralmente as disponibilidades dos equipamentos e a média mensal das disponibilidades do período de janeiro a dezembro.

Tabela 1 - Disponibilidade de janeiro a março.

Ativo	Hh mês	Jan		Fev			Mar		
		Man	DO	Hh mês	Man	DO	Hh mês	Man	DO
Conjunto 01	207	45,7	78%	180	180	0%	198	163	18%
Conjunto 02	279	279	0	261	261	0	279	279	0%
Conjunto 03	279	234	16%	261	7,5	97%	279	13,3	95%
Conjunto 04	207	134,8	35%	180	56,5	69%	198	0,7	100%
Conjunto 05	207	0	100%	180	0,7	100%	198	101	49%
Conjunto 06	207	20,8	90%	180	76,8	57%	198	9,2	95%
Conjunto 07	207	19	91%	180	1,7	99%	198	92,3	53%
Acumulado	1593	733,3	54%	1422	584,2	59%	1548	658,5	57%

Fonte: Autores.

Tabela 2 - Disponibilidade de abril a junho.

Ativo	Hh mês	Abr		Mai			Jun		
		Man	DO	Hh mês	Man	DO	Hh mês	Man	DO
Conjunto 01	198	16,5	92%	189		100%	198	8,8	96%
Conjunto 02	270	270	0%	279	279	0%	270	270	0%
Conjunto 03	270	192,3	29%	279	139,8	50%	270	47,4	82%
Conjunto 04	198	171	14%	189	56,8	70%	198	11,3	94%
Conjunto 05	198	19,3	90%	189	14,3	92%	198	0,6	100%
Conjunto 06	198	39	80%	189	20	89%	198	51,4	74%
Conjunto 07	198	1,2	99%	189	55,7	71%	198	198	0%
Acumulado	1530	709,3	54%	1503	565,6	62%	1530	587,5	62%

Fonte: Autores.

Tabela 3 - Disponibilidade de julho a setembro.

Ativo	Jul			Ago			Set		
	Hh mês	Man	DO	Hh mês	Man	DO	Hh mês	Man	DO
Conj. 01	207		100%	189	79,5	58%	198	181,2	8%
Conj. 02	279	207	26%	189	111,1	41%	270	139,9	48%
Conj. 03	279	101,8	64%	279	53	81%	270	69,4	74%
Conj. 04	207	74,3	64%	189	117,8	38%	198	41	79%
Conj. 05	207	11,5	94%	189	90,2	52%	198	2,6	99%
Conj. 06	207	9,5	95%	279	91,3	67%	198	78,6	60,3%
Conj. 07	207	154,2	26%	189	5	97%	198	22,8	88%
Acumulado	1593	558,3	65%	1503	547,9	64%	1530	535,5	65%

Fonte: Autores.

Tabela 4 - Disponibilidade de outubro a dezembro.

Ativo	Out			Nov			Dez		
	Hh mês	Man	DO	Hh mês	Man	DO	Hh mês	Man	DO
Conj. 01	189	189	0%	180	180	0%	189	189	0%
Conj. 02	279	279	0%	270	189	30%	279	136	51%
Conj. 03	279	81,7	71%	270	47,7	82%	279	279	0%
Conj. 04	189	0,3	100%	180	0	100%	189	45,3	76%
Conj. 05	189	6,3	97%	180	126	30%	189	6	97%
Conj. 06	189	28,1	85,1%	180	0	100,0%	189	90,7	52,0%
Conj. 07	189	91,7	51%	180	4,8	97%	189	47,2	75%
Acumulado	1503	676,1	55%	1440	547,5	62%	1503	793,2	47%

Fonte: Autores.

A eficiência da produtividade (EP) em relação a capacidade do equipamento ou processo, e tem por objetivo medir a eficiência dos conjuntos durante a operação (eq. 1):

$$EP = \frac{Produtividade\ apontada}{Produtividade\ do\ fabricante} \quad (1)$$

Onde:

Produtividade: ((ponto final – ponto de partida) / trabalho real)

Produtividade fabricante: velocidade catálogo (ex.: 2 km/h ou 2000m/h)

Horas trabalhadas = Horas operacionais = horas apontadas

Importante fazer a conversão da unidade de medida informada pelo fabricante para “m/h”, quando necessário, para que fique na mesma unidade de medida do ponto de partida e ponto final. A utilização (UT) dos conjuntos de equipamentos é medida através da relação de horas trabalhadas e horas disponíveis (eq. 2):

$$EP = \frac{\text{Horas trabalhadas}}{\text{Horas disponíveis}} \quad (2)$$

A partir dos dados obtidos, mede-se a eficiência global do processo considerando métricas de disponibilidade (operacional), utilização e eficiência de produtividade. Considerando as premissas citadas nos capítulos anteriores para cálculo de cada indicador que compõe a OEE (eq. 3):

$$OEE (\%) = \text{Disponibilidade Operacional} \times \text{Utilização} \times EP \quad (3)$$

A tabela 5 apresenta os OEEs mensais de empresa estudada.

Tabela 5 - Resultado OEE.

Mês	Utilização (UT)	Eficiência Produtiva	Disponibilidade Operacional (DO)	OEE
Janeiro	17%	43%	54%	4%
Fevereiro	18%	43%	59%	4%
Março	16%	40%	57%	4%
Abril	15%	36%	54%	3%
Maio	19%	38%	62%	4%
Junho	20%	41%	62%	5%
Julho	24%	47%	65%	7%
Agosto	17%	43%	64%	5%
Setembro	20%	48%	65%	6%
Outubro	8%	41%	55%	2%
Novembro	18%	48%	62%	5%
Dezembro	16%	34%	47%	3%

Fonte: Autores.

CONCLUSÕES

É muito claro a importância da implantação de um indicador tão completo como o OEE, principalmente, de forma agregar em indústrias de médio a grande porte, pois a sua estrutura é completa e consegue identificar vários desvios para correção dentro de um mesmo cenário. Com esse indicador é visível que a manutenção tem a mesma importância quanto a produção de uma organização, pois, ambas estão ligadas e dependem da funcionalidade uma da outra. Na área ferroviária isso não é diferente, a manutenção tem por obrigação de manter os conjuntos de máquinas prestam serviço em pleno funcionamento.

A utilização do indicador OEE para identificar como aquele determinado processo está reagindo é consideravelmente útil, pois, permite perceber onde estão os problemas que prejudicam a eficiência naquele cenário da empresa. Conforme descrito acima, o OEE mensal da empresa estudada apresenta níveis menores de exportação, ou seja, bem menor que 85%. Mas isso não interfere no bom desempenho da ferrovia já que as premissas de trabalho e a necessidade da via não se faz necessário um número global, porém as ações para a utilização dos equipamentos seja mais otimizada já estão em execução para uma maior abrangência de tratamentos de desvios sejam mais ágeis.

Outro ponto é a eficiência que deve ser medida por tipo de atividade e separada dessa forma para que haja mensuração mais justa dos dados, o que também já está em andamento pela organização. Apesar de o OEE ter números baixos com referência ao global, foi muito importante a sua implantação para o processo na totalidade, novas metas estão sendo definidas a partir do estudo realizado de janeiro a dezembro de 2020 para otimização do indicador de forma que traga melhores resultados a ferrovia com qualidade e segurança em todos os âmbitos das atividades.

Conclui-se, portanto, que o estudo apresentado cumpriu as metas iniciais, explicado pelos resultados da empresa estudada, onde foram coletados dados durante as atividades em campo de sua operação real e utilizadas para obtenção do cálculo e resultados do OEE. Dessa forma a metodologia utilizada poderá ser usada por outras empresas do mesmo setor ferroviário ou similar com o objetivo de alcançar melhores resultados.

REFERÊNCIAS

- BUSO, C. M., Aplicação do indicador de Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade de produção / C.M. Buso. – ed.rev. -- São Paulo, 2012.
- CHIARADIA, Á.J.P. Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos na Gestão e Melhoria Continua dos Equipamentos: Um Estudo de Caso na Indústria Automobilística. Porto Alegre. 2004.
- CORRÊA, H.L. The links between uncertainty, variability of outputs and flexibility in manufacturing systems. Warwick, 317p.,1992.
- DESIOMBRA, J. Implantação da ferramenta OEE (eficiência global do equipamento): estudo de caso em uma empresa metalúrgica de grande porte. 2014. (55 pág.). Monografia (Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.
- FONSECA, J. J. S da. Metodologia da pesquisa científica. Ceará: Universidade Estadual do Ceará, 2002.
- SILVA. J. P. A. R. OEE Overall Equipaments Effectiveness. 2012. Disponível em< <http://oeeindustrystandard.oeefoundation.org/history/>> Acesso em 24 setembro 2021.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. Técnicas de pesquisa: Planejamento e execução de pesquisas, elaboração, análise e interpretação dos dados. 7°. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- NAKASATO, K. Segundo Curso de Formação de Instrutores de TPM. XV Evento Internacional de TPM. I.M.C Internacional Sistemas Educativos. 1994.
- POMORSKI, T.; Managing Overall Equipment Effectiveness (OEE) to Optimize Factory Performance.IEE Transactions on semi-conductor manufacturing, Volume 10, number 1, 1997.
- SEVERINO, A. J. Metodologia Do Trabalho Científico. 21. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cortez, 2000. p. 77.

Capítulo 3

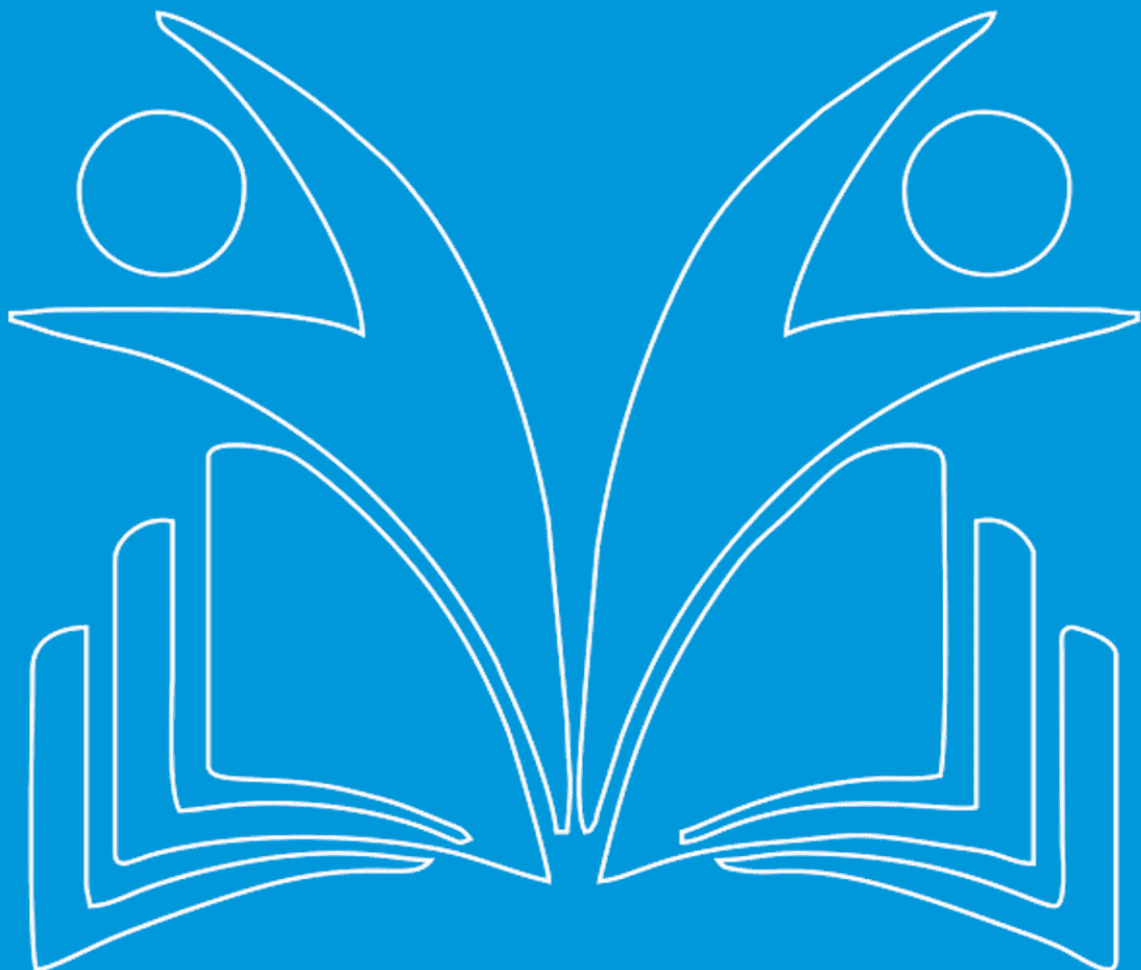


10.37423/240609087

FENÔMENOS FÍSICOS-MATEMÁTICO PARA ENGENHARIA: ASPECTOS TEÓRICOS E COMPUTACIONAIS

ARMANDO LUIZ ANDRADE PEIXOTO

*UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA -
UNEB*



Resumo: Engenheiros, cientistas, investigadores e, cada vez mais, utilizadores da economia e de outras ciências sociais, fazem uso da modelação físico-matemática para solucionar problemas que surgem nas suas atividades profissionais. Pode-se identificar pelo menos dois tipos de modelação físico-matemática. O primeiro consiste na tradução das leis da natureza e da sociedade em fórmulas matemáticas, na aplicação de métodos matemáticos para sua análise e, posteriormente, em tentar compreender quais suas implicações para as atividades de origem e dos resultados matemáticos obtidos. Já o segundo tipo, consiste na utilização do raciocínio matemático na resolução de problemas práticos, industriais ou de engenharias, sem que, necessariamente, se construa uma teoria matemática específica para esses problemas.

Este artigo se dedica, predominantemente, ao primeiro tipo de modelação, ou seja: trata-se de analisar e de interpretar os fenômenos físicos-matemático que ocorrem no mundo real. No entanto, é importante compreender que os modelos apenas fornecem descrições simplificadas dos problemas da vida real, ainda que, sendo expressos em termos de equações matemáticas, esses possam, de certa forma, ser resolvidos. Além disso, cabe enfatizar que o texto proposto não traz a modelação matemática como sua prioridade, contudo, faremos construções e discussões primordialmente em diferentes modelos convencionais. Ante o exposto, de modo breve, seguiremos discutindo o processo completo da modelagem matemática, ressaltando os aspectos teóricos e computacionais. Desse modo, as modelagens expostas neste trabalho atingirão, imprescindivelmente, a problematização clássica, as quais serão resolvidos, sobretudo, através de equações diferenciais ordinárias.

Palavras-chaves: Equações Diferenciais. Modelagem. Fenômenos físicos-matemático. *Software WolframAlpha. Software GeoGebra.*

INTRODUÇÃO

Em nosso convívio na Área de Ciências Exatas e da Terra é muito comum ouvirmos a afirmação de que “a matemática é a linguagem da ciência”, e neste sentido podemos lembrar a paráfrase de Galileu Galilei, “A matemática é a linguagem a qual Deus escreveu o universo”. Para os filósofos e matemáticos do século XVI e XVII, a matemática era um recurso imprescindível para a criação do método científico. Hoje vemos sua importância no nosso cotidiano com a tecnologia. Sabemos que, apenas, a matemática não dá conta de descrever o universo.

A matemática é a linguagem criada pela humanidade que melhor descreve como os humanos percebem a realidade. Desta forma, cria-se os modelos matemáticos para permitir os estudos dos diversos fenômenos. No lugar de apenas quantificar e reduzir tais situações em fórmulas é sempre necessário entender padrões, qualidades e aspectos não quantitativos para captar a essência dos diversos fenômenos.

Trataremos, neste trabalho, o estudo de modelos físicos-matemático clássicos, bem como as suas aplicações contextualizadas e problematizadas em área do conhecimento científico, sobretudo, na Área de Engenharia. Vale salientar que toda modelagem físico-matemático é a melhor forma de representar o fenômeno em sua plenitude. Ou seja, a modelagem é uma ótima aproximação do mundo real. A construção de modelos físicos e matemáticos sempre envolve simplificações e desconhecimentos que impedem que o sistema real seja reproduzido com perfeição total. A arte, aqui, consiste em obter as representações físicas-matemática mais simples possíveis, mas que consigam se aproximar adequadamente da realidade. Uma boa modelagem é uma solução de compromisso entre simplicidade do modelo e precisão dos resultados baseado no bom senso do pesquisador.

Uma grande parte da literatura e da pesquisa matemática está dirigida ao estabelecimento de métodos que possam ser aplicados a muitas situações. Vários podem ser utilizados nas mais diferentes áreas de conhecimento desde que a formulação dos problemas esteja numa linguagem matemática apropriada. Objetivamente, neste artigo, pretende-se oferecer métodos matemáticos, organizados de forma didática e objetiva, visando à aplicação a problemas classicamente estudados nos cursos de ciências e engenharias.

Entendemos que o leitor que inicia o curso das modelagens propostas neste texto já está familiarizado com o estudo completo das funções reais de uma variável real, bem como das equações diferenciais ordinária. Relativamente estas funções e equações foram estudadas, no programa de um curso de

cálculo diferencial e integral, e a resolução das principais equações diferenciais, objeto intrínseco deste trabalho.

Para o entendimento destes modelos serão usados recursos teóricos e computacionais, e empregaremos *softwares* matemáticos como, por exemplo: *WolframAlpha* e o GeoGebra, disponíveis em redes de internet. O *software WolframAlpha* será utilizado, prioritariamente, nas resoluções de integrais e equações diferenciais, enquanto, o GeoGebra para a confecção das representações gráficas dos estudos feitos.

Finalmente, este artigo pretende historiar as necessidades de um leitor que almeja mais do que simplesmente uma introdução aos assuntos em epígrafe que são tradicionalmente abordados num curso de cálculo e das equações diferenciais.

METODOLOGIA

Para atingir o objetivo deste trabalho utiliza-se problemas-fenômenos e intervenções teóricas e computacionais adequadas à luz do estímulo à uma compreensão apropriada da resolução do problema proposto. Neles, evidencia-se o entendimento do enunciado do problema como um todo; buscar clareza e detalhe; avaliar as variáveis que causam mais e menos impacto; os dados coletados; as condições de contorno; o trato algébrico, numérico, geométrico e, sobretudo, a análise computacional para tomada de decisão. Os problemas propostos serão tomados como referência do nosso estudo para que neles se desenvolvam as articulações algébricas e *a posteriori* a implementação na linguagem computacional. Os métodos matemáticos contidos neste texto foram trabalhados utilizando, prioritariamente, os conteúdos de equações diferenciais ordinárias e ilustrados computacionalmente através dos *softwares WolframAlpha* e GeoGebra.

ESTRATÉGIAS DE APRENDIZAGEM

Este texto trata de modelagem de fenômenos, originários de diversas aplicações das ciências naturais, descritos por equações diferenciais ordinárias, instrumentos que permitirão analisar e compreender melhor esses fenômenos. Consequentemente, começaremos por apresentar conceitos e ferramentas básicas das teorias das equações diferenciais que serão úteis para essa tarefa de análise e aprendizagem. A imensidão de problemas que podem ser tratados usando o conjunto restrito de técnicas do nosso estudo é um bom testemunho do poder unificador da Matemática.

No que tange a aprendizagem, torna-se eficaz quando buscamos enfrentar as crises, as incertezas, as decepções, os fracassos em qualquer área do conhecimento humano e, por conseguinte, a encontrar novas táticas de realização. Para tanto, a proposta é apresentar modelos físicos-matemático, os quais poderão ser solucionados através da teoria das equações diferenciais, bem como sobre a ênfase computacional. Serão citados neste artigo modelos físicos-matemático clássicos e concretos, pelo que remetemos ao leitor que queira aprender mais sobre a teoria das equações diferenciais, consulte textos especializados como, por exemplo ([3] Boyce, 2015).

EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS: FERRAMENTAS BÁSICAS

Nesta secção será apresentada alguns conceitos e ferramentas básica no intuito de fundamentar o nosso estudo.

Chama-se equação diferencial ordinária (EDO) a toda equação que estabelece uma relação entre a variável independente x , a função incógnita (ou desconhecida) $y = f(x)$ e suas derivadas $y', y'', y''', \dots, y^{(n)}$. Sendo assim, podemos escrever simbolicamente uma EDO como segue:

$$F(x, y, y', y'', y''', y^{(4)}, \dots, y^{(n)}) = 0 \text{ (notação de Lagrange), ou ainda,}$$

$$F\left(x, y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{dx^2}, \frac{d^3y}{dx^3}, \frac{d^4y}{dx^4}, \dots, \frac{d^ny}{dx^n}\right) = 0 \text{ (notação de Leibniz).}$$

Tipos de equações diferenciais:

1. Equação diferencial ordinária (EDO): existe somente uma variável independente. A título de simplicidade, de agora em diante chamaremos equação diferencial ordinária apenas de equação diferencial ou abreviadamente de EDO. Exemplos de edo: (a) $\frac{dy}{dx} = 2x - 5$, (b) $\frac{d^2y}{dx^2} - \frac{5dy}{dx} + 6y = e^{2x}$ e, (c) $\frac{dQ}{dt} + \frac{s}{v_0 + (e-s)t} Q = \kappa e$, essa estuda a quantidade de diluição de uma solução no interior de um reservatório em um determinado tempo.
2. Equação diferencial parcial (EDP): existem duas ou mais variáveis independentes como, por exemplo a equação de difusão, particularmente a equação do calor, dada por $\frac{\partial u}{\partial t}(x, t) = \kappa \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x, t), \kappa > 0$; em que u descreve a temperatura em uma determinada posição.

Solução de uma equação diferencial: resolver ou integrar a expressão $F(x, y, y', y'', y''', \dots, y^{(n)})$ é encontrar a função $y = f(x)$ de tal forma que, quando substituirmos o valor de $f(x)$ e de suas derivadas na equação $F(x, y, y', y'', y''', \dots, y^{(n)}) = 0$, esta torna-se uma identidade.

Tipos de soluções

1. Solução geral – Contém constantes arbitrárias igual à ordem da equação diferencial. Uma EDO de ordem n possui n constantes arbitrárias $C_1, C_2, \dots, C_n$. A solução geral de uma equação diferencial de primeira ordem deve conter uma constante arbitrária, pois deve ser integrada, apenas, uma vez para obter a função incógnita $y = f(x)$. Do mesmo modo, a solução geral de uma equação diferencial de segunda ordem deve conter duas constantes arbitrária, pois deve ser integrada duas vezes para determinar a função desconhecida $y = f(x)$. Assim, cada integração, por sua vez, resultando uma constante arbitrária. Analogamente, podemos postular que: uma EDO de ordem n , existe n constantes arbitrárias na solução geral.

A expressão $F(x, y, y') = 0$ representa uma estrutura matemática de uma equação diferencial ordinária de 1ª ordem. Assim, a equação $y' = 2x - 5$ é um exemplo desta estrutura. Resolvendo esta equação, temos: $y' = 2x - 5 \Rightarrow \frac{dy}{dx} = 2x - 5 \Rightarrow dy = (2x - 5)dx \Rightarrow \int dy = \int (2x - 5)dx + C \Rightarrow y = x^2 - 5x + C$. Esta última expressão denominamos de solução geral, isto se deve pela constante arbitrária C está contida na solução obtida. Na Figura 1, consta a representação gráfica, reduzida, da solução geral. Ou seja, expomos, apenas, seis membros de uma família.

Figura 1 – Esboço gráfico de membros da família da solução geral

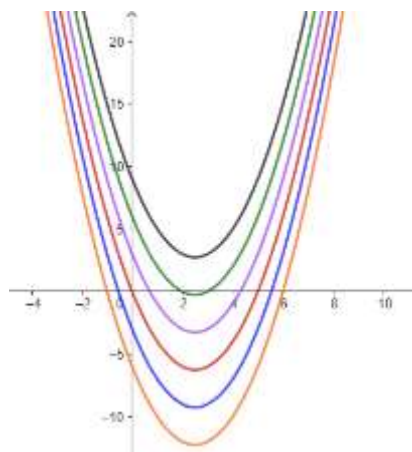


Figura 1 – Elaborada pelo autor através do *software* GeoGebra

2. Solução particular – esta solução sempre será deduzida da solução geral. Para tanto, deve-se atribuir um ponto conhecido $P = (x_0, y_0)$ na solução geral, ou equivalentemente $y(x_0) = y_0$. Esse problema é denominado de problema de valor inicial (PVI) ou problema de valor de contorno – PVC.

Nota 1: um Problema de Valor Inicial (PVI) caracteriza-se por uma equação diferencial está sujeita às condições fornecidas em um mesmo ponto. Por exemplo, para uma equação diferencial de segunda ordem, deve-se recomendar duas informações como, por exemplo: $y(2) = 4$ e $y'(2) = 3$. Observe que os pontos estão utilizando a mesma abscissa $x_1 = x_2 = 2$.

Vejamos um exemplo de uma EDO denominada de variáveis separadas. Nosso propósito é obter a solução geral da equação $\frac{dy}{dx} = x^2y + y$. Em seguida, construiremos a solução particular utilizando a condição $y(0,1) = 2$.

Resolução: $\frac{dy}{dx} = x^2y + y \Rightarrow \frac{dy}{dx} = y(x^2 + 1)$, separando as variáveis, $\Rightarrow \frac{dy}{y} = (x^2 + 1)dx$, integrando ambos os membros, $\Rightarrow \int \frac{dy}{y} = \int (x^2 + 1)dx + C_1 \Rightarrow \ln(y) = \frac{x^3}{3} + x + C_1 \Rightarrow y = e^{\frac{x^3}{3} + x + C_1} \Rightarrow y = e^{C_1} \cdot e^{\frac{x^3}{3} + x}$, tomando $e^{C_1} = C$, podemos estabelecer a solução geral pela expressão: $y = C \cdot e^{\frac{x^3}{3} + x}$. Na sequência faremos uso da condição de contorno, ou seja, $y(0,1) = 2 \Rightarrow 2 = C e^{\frac{0,1^3}{3} + 0,1}$ o que nos dá $C \approx 1,809072$. Logo, a solução particular é $y \approx 1,809072 \cdot e^{\frac{x^3}{3} + x}$. Na sequência, expomos uma representação de alguns membros da solução geral e, em destaque a solução particular (Figura 2).

Figura 2 – Representação gráfica da solução particular

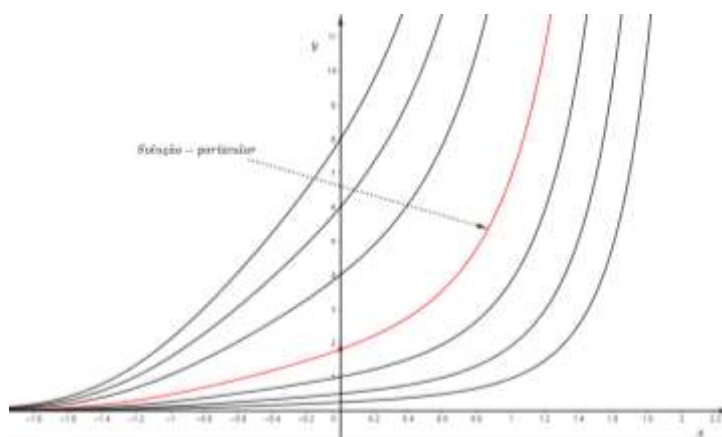


Figura 2 – Elaborada pelo autor através do *software* GeoGebra

Nota 2: um Problema de Valor de Contorno (PVC) caracteriza-se por uma equação diferencial está sujeita às condições fornecidas em mais de um ponto. Por exemplo, para uma equação diferencial de segunda ordem, deve-se indicar duas informações como, por exemplo: $y(2) = 4$ e $y'(5) = 3$. Observe que os pontos estão utilizando abscissa distintas, ou seja, $x_1 = 2$ e $x_2 = 5$.

Na sequência expomos um exemplo de um PVC: determine a solução particular a partir da solução geral $y = C_1 \sin(x) + C_2 \cos(x)$ que satisfaz as seguintes condições de contorno: $y(\pi/3) = 2$ e $y(\pi/4) = 1$. A solução particular podemos, após resolução de um sistema de equações lineares para determinar C_1 e C_2 , representar pela expressão $y = 3,53 \sin(x) + 2,12 \cos(x)$. Fica a cargo do leitor a verificação desta solução. Essa solução está representada graficamente em destaque no gráfico a seguir (Figura 3). Essa solução geral é obtida ao resolver a seguinte equação diferencial linear de 2ª ordem: $\frac{d^2y}{dx^2} + y = 0$.

Figura 3 – Representação gráfica da solução particular

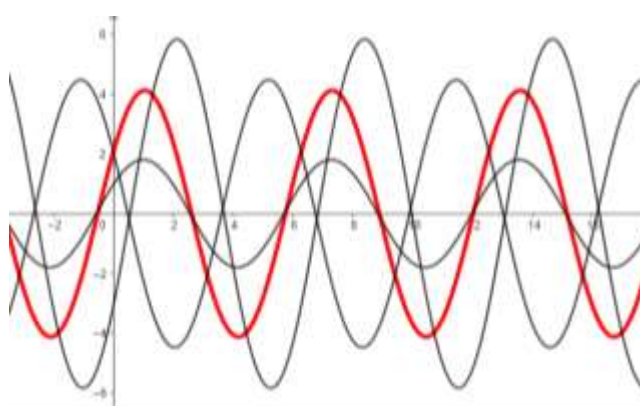


Figura 3 – Elaborada pelo autor através do *software* GeoGebra

De uma forma geral, a resolução de problemas físicos-matemático pode ser realizada segundo quatro abordagens gerais: Métodos Analíticos, Método Computacionais, Métodos Numéricos e Métodos Experimentais. Uma vez que o estudante estiver familiarizado com a construção da solução de uma equação diferencial utilizando o Método Analítico, exemplos acima, recomendamos avançar para o Método Computacional utilizando um *software* de sua preferência. Neste artigo, para análise computacional, utilizamos os *softwares* *WolframAlpha* (www.wolframalpha.com) e *GeoGebra* (www.geogebra.org).

Dito isto, vamos determinar a solução geral e, por conseguinte, a solução particular da seguinte equação diferencial: $xy^2(1+x^2)\frac{dy}{dx} - y^3 - 1 = 0$. Para obter a solução particular usaremos a condição de contorno $y(1) = 3$.

Resolução: buscando melhorar a equação no intuito de expor no formato de variáveis separáveis podemos escrever: $\frac{y^2}{1+y^3} dy = \frac{1}{x(1+x^2)} dx$, integrando ambos os membros, $\Rightarrow \int \frac{y^2}{1+y^3} dy = \int \frac{1}{x(1+x^2)} dx + C_1$. A integral $\int \frac{y^2}{1+y^3} dy$ sugerimos resolver por substituição, ou seja, faz $u = 1 + y^3 \Rightarrow$

$du = 3y^2 dy$. Enquanto a segunda integral, recomendamos utilizar o *software WolframAlpha* ou similar para obter a função primitiva. Vale lembrar que podemos resolver a integral $\int \frac{1}{x(1+x^2)} dx$, denominada de integral de uma função racional, por frações parciais. Embora, na maioria das vezes, tais resoluções se torna indigesta distanciando assim dos objetivos propostos neste trabalho. Na sequência, apresentamos informações sobre sintaxe para implementação no *software WolframAlpha* na plataforma online (Figura 4). Observa-se que são ações fundamentalmente simples com resultados sensacionais através deste *software*. Vamos lá:

Figura 4 – Resolução de integral via *WolframAlpha*

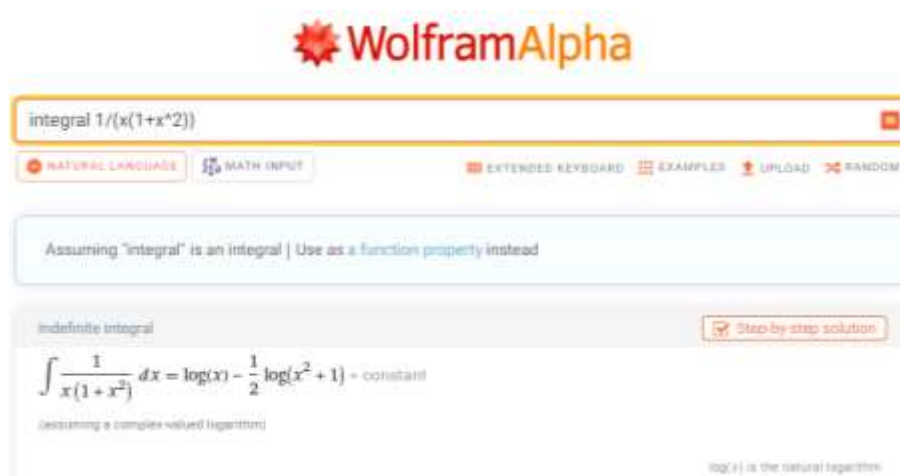


Figura 4 – Elaborada pelo autor através do *software WolframAlpha*

Dando continuidade na expressão $\int \frac{y^2}{1+y^3} dy = \int \frac{1}{x(1+x^2)} dx + C_1$, temos:

$\frac{1}{3} \ln(1 + y^3) = \ln(x) - \frac{1}{2} \ln(1 + x^2) + C_1 \Rightarrow 2 \ln(1 + y^3) = 6 \ln(x) - 3 \ln(1 + x^2) + 6C_1$, fazendo $6C_1 = C$ e usando propriedade dos logaritmos, $\Rightarrow \ln(1 + y^3)^2 = \ln(x^6) - \ln(1 + x^2)^3 + \ln(C) \Rightarrow \ln(1 + y^3)^2 = \ln\left(\frac{Cx^6}{(1+x^2)^3}\right) \Rightarrow (1 + y^3)^2 = \frac{Cx^6}{(1+x^2)^3}$, extraindo a raiz quadrada, $\Rightarrow 1 + y^3 = \frac{Cx^3}{(1+x^2)^{\frac{3}{2}}} \Rightarrow$

$y^3 = \frac{Cx^3}{(1+x^2)^{\frac{3}{2}}} - 1 \Rightarrow y = f(x) = \sqrt[3]{\frac{Cx^3}{(1+x^2)^{\frac{3}{2}}} - 1}$, o que nos dá a solução geral. Partindo em busca da

solução particular usaremos a condição de contorno estabelecida no problema, ou seja, $y(1) = 3$.

Realizando as devidas contas, temos: $27 = \frac{C}{2^{\frac{3}{2}}} - 1 \Rightarrow C = 28 \cdot 2^{\frac{3}{2}} = 28\sqrt{8} = 56\sqrt{2} \approx 79,2$. Portanto,

a solução particular, aproximada, é

$$y \approx \sqrt[3]{\frac{79,2x^3}{(1+x^2)^2}} - 1.$$

Caso o leitor escolha em solucionar a equação diferencial proposta $xy^2(1+x^2)\frac{dy}{dx} - y^3 - 1 = 0$, com $y(1) = 3$, diretamente no *software WolframAlpha* (Figura 5), deverá utilizar a seguinte sintaxe:

Figura 5 – Resolução da equação diferencial via *WolframAlpha*



Figura 5 – Elaborada pelo autor através do *software WolframAlpha*

A expressão desta função $y = f(x)$ pode, ainda, ser melhorada manipulando-a algebricamente com resultado bastante simplório. Abaixo, apresentamos a simplificação oferecida pelo *software* supracitado. Segue a simplificação:

Collect solutions:

Answer:

$$y(x) = \sqrt[3]{\frac{56\sqrt{2}x^3}{(x^2+1)^{3/2}} - 1}$$

A veracidade da solução, tanto na forma algébrica quanto na forma computacional, basta substituir $y = f(x)$ e $y' = f'(x)$ diretamente na equação diferencial proposta e observar a igualdade obtida. Na sequência, expomos o gráfico da solução particular (Figura 6).

Figura 6 – Representação gráfica da solução com condição de contorno

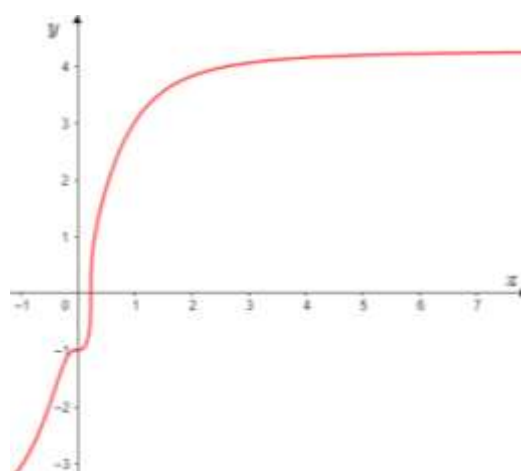


Figura 6 – Elaborada pelo autor através do *software* GeoGebra

O leitor ainda poderá avançar em seus estudos estimando a tendência da variável dependente y , quando a variável independente x assumir valores cada vez maiores ($x \rightarrow \infty$). Ou seja:

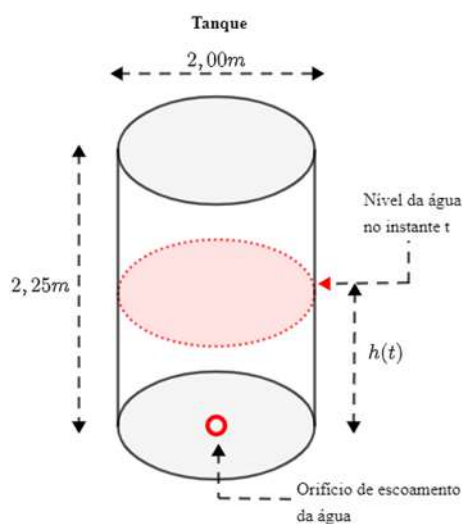
$$\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = \sqrt[3]{56\sqrt{2}} - 1 \approx 4,276234, \text{ que representa geometricamente uma assíntota horizontal.}$$

Através do sistema algébrico computacional *WolframAlpha* (Figura 7), temos:

Figura 7 – Resolução de limite de uma função – *WolframAlpha***Figura 7** – Resolução elaborada pelo autor através do *software WolframAlpha*

FENÔMENOS FÍSICOS-MATEMÁTICO PARA ENGENHARIA

Problema 1. O contexto deste problema é analisar a saída de água por um orifício localizado no fundo de um tanque (Figura 8) e, por conseguinte, obter a expressão matemática da altura em função do tempo: a modelagem deste problema é por meio de uma equação diferencial ordinária cuja solução é obtida pela separação de variáveis.

Figura 8 – Tanque cilíndrico com pequeno orifício de escoamento em sua base**Figura 8** – Elaborada pelo autor através do *software GeoGebra*

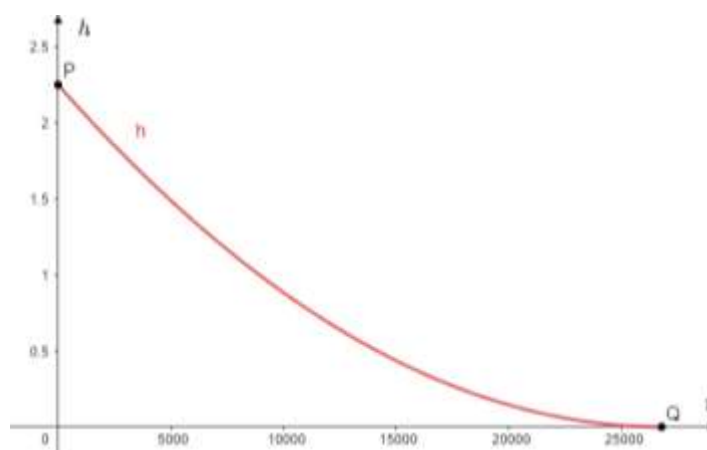
Na Figura 8, consta um tanque cilíndrico cujo diâmetro é de dois metros e um orifício que dará o escoamento d'água de um centímetro de diâmetro. Inicialmente o tanque contém uma lâmina d'água de 2,25 metros e altura, ou seja, $h(0)=2,25$.

Esta modelagem é fundamentada na equação de Torricelli¹. Assuma a velocidade dada por $v(t) = -S \cdot \sqrt{2gh(t)}$, onde $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ é a aceleração da gravidade, h é a distância em metros desde a superfície do líquido (lâmina d'água) ao centro do orifício (profundidade do líquido no tanque), S é a razão entre a seção reta do orifício (SRO) e a seção reta do tanque (SRT) (isto assumindo a ausência de atrito por viscosidade e contração), o sinal de menos decorre do fato de que este volume decresce. Note que o fator $\sqrt{2gh(t)}$ significa a velocidade do líquido emergente. Enquanto a expressão $\sqrt{2gh(t)} \times \frac{SRO}{SRT}$ mede a velocidade da superfície do líquido descendo considerando a proporção entre as seções. Pelo exposto, queremos determinar:

- a expressão matemática que modela a altura h em função do instante t ;
- o tempo, em horas, para que o tanque fique completamente vazio.

Resolução: (a) nosso objetivo é estabelecer a modelagem físico-matemática para a altura h em função do tempo. Partindo da premissa que velocidade escalar instantânea é a razão infinitesimal entre a altura e o tempo decorrido, então podemos estabelecer que $v(t) = \frac{dh}{dt}$. Assim, temos $\frac{dh}{dt} = -S\sqrt{2gh(t)}$. A razão entre a seção reta do orifício e a seção reta do tanque é: $S = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} = \frac{r^2}{R^2} = \frac{(0,5 \times 10^{-2})^2}{1} = 2,5 \cdot 10^{-5}$. Na sequência, daremos início a resolução da equação diferencial: $\frac{dh}{dt} = -2,5 \cdot 10^{-5} \sqrt{19,6} \cdot \sqrt{h(t)} \Rightarrow \frac{dh}{\sqrt{h}} = -0,000111 dt \Rightarrow \int \frac{dh}{\sqrt{h}} = \int -0,000111 dt + C \Rightarrow 2\sqrt{h} = -0,000111 t + C \Rightarrow \sqrt{h} = -0,000056 t + \frac{C}{2} \Rightarrow \sqrt{h} = -5,6 \cdot 10^{-5} t + \frac{C}{2}$, com o uso da condição de contorno ($h(0) = 2,25$) no intuito de calcular a constante arbitrária, temos: $\sqrt{2,25} = \frac{C}{2} \therefore \frac{C}{2} = 1,5$. Escrevendo a função altura *versus* tempo, temos: $h = h(t) = (1,5 - 5,6 \cdot 10^{-5} t)^2$, ou, guardando as suas devidas aproximações, escrevemos $h = h(t) = 3,1 \times 10^{-9} t^2 - 0,000168 t + 2,25$ que é uma função quadrática onde geometricamente é representada por uma parábola.

(b) obtenção do tempo, em horas, para que o tanque fique completamente vazio, ou seja, precisamos aplicar a condição $h(t) = 0$. Logo, $0 = (1,5 - 5,6 \cdot 10^{-5} t)^2 \Rightarrow t = \frac{1,5}{5,6 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow t = 26785,7 \text{ segundos}$, o que nos dá $t \approx 7,44 \text{ horas}$. Segue representação gráfica da expressão matemática da altura em função do tempo (Figura 9). Observe que na figura, P é o ponto inicial e Q é o ponto final (até esvaziar o tanque).

FIGURA 9 – Gráfico da altura (h em metro) versus tempo (t em segundo)**FIGURA 9** – Construção própria através do *software* GeoGebra

Dando ênfase a parte computacional, a Figura 10, nos mostra a resolução do problema supracitado de forma adequada por meio do *software* WolframAlpha. O leitor deve observar, detalhadamente, a sintaxe da equação de entrada.

Figura 10 – Resolução de equação diferencial com condição de contorno**Figura 10** – Resolução elaborada pelo autor através do *software* WolframAlpha

Problema 2. Mais uma vez, afirmamos que existe uma quantidade enorme de fenômenos nas Engenharias, nos quais se recorre às equações diferenciais para resolvê-los. Um deles é o cálculo da flexão em vigas estruturais na construção civil. Neste fenômeno queremos construir a modelação da curva elástica ou curva das deflexões de uma viga engastada (viga em balanço), ou seja, aqui

almejamos obter a equação matemática que descreve a curva de origem no ponto O e extremidade no ponto B' (Figura 11). Os engastes representam junções que impedem todos os movimentos possíveis da estrutura da viga, sejam eles de translação (horizontais e verticais) ou de rotação. Essas vigas, sob a ação de cargas (inclusive o próprio peso), sofrem uma deformação flexionando-se. O eixo de simetria da viga é uma linha imaginária (de O para B – Figura 11) que passa pelos centros de gravidade das secções transversais da viga e que se curva quando ela é submetida a uma determinada carga (W). A curva que se forma é denominada curva elástica (linha OB' da Figura 11), de equação diferencial $EI \cdot y'' = M(x)$ cujos elementos são:

E – módulo de elasticidade (ou de Young) que depende do material de que é feita a viga (supondo-se que o material seja homogêneo). O módulo de elasticidade é a razão entre a tensão e a deformação.

I – momento de inércia da seção transversal da viga em relação ao eixo de simetria.

M – momento fletor das forças em relação à seção transversal de abscissa x .

O produto EI , que é uma constante, é chamado de módulo de rigidez à flexão da viga.

Figura 11 – Viga engastada

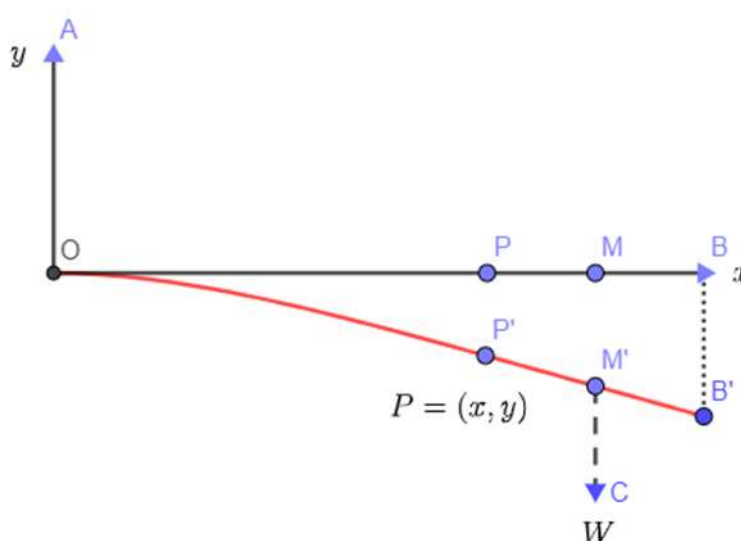


Figura 11 – Elaborada pelo autor através do software GeoGebra

Suponha que uma viga horizontal engastada, em uma das extremidades (à esquerda) e com outra em balanço (borda livre à direita), de comprimento l metros, está sujeita a uma carga uniformemente distribuída de W kgf por unidade de comprimento. Então, nosso objetivo é determinar a curva (ou linha) elástica da viga e a deflexão (flecha) máxima dada pelo segmento $\overline{BB'}$. Esta deflexão máxima irá acontecer, exatamente, no ponto B , onde termina o vão da viga (Figura 11).

Com base na equação diferencial $EI \cdot y'' = M(x)$, precisamos determinar o momento fletor $M(x)$. Inicialmente, consideremos uma seção transversal da viga, a uma distância x (abscissa do ponto genérico P) de uma extremidade. O momento fletor na seção transversal (ponto P da curva elástica) é a soma algébrica dos momentos em relação à reta (do ponto O até o ponto B) da seção transversal, das forças externas, que agem sobre a parte da viga (parte da curva elástica) a cá. Admitiremos, aqui, que forças orientadas para cima dão momentos positivos e que as orientadas para baixo dão momentos negativos. Podemos entender simplesmente que o momento fletor será a carga aplicada relativa ao vão da seção transversal, vezes a distância da carga ao ponto genérico $P = (x, y)$. No modelo apresentado de viga engastada, temos: W é a carga aplicada e o vão é $l - x$, ou seja, a distância $\overline{PB}$ (Figura 11). Nestes dois fatores será acrescido um terceiro fator $(l - x)/2$ que representa a distância da carga ao ponto P ($\overline{PM}$). Desta forma, a expressão do momento fletor é dado por:

$$M(x) = -W \cdot (l - x) \cdot \frac{l - x}{2} = -\frac{W}{2} \cdot (l - x)^2$$

Montando a equação diferencial relativa à viga, temos:

$EI \cdot y'' = M(x) \Rightarrow EI \cdot y'' = -\frac{W}{2} \cdot (l - x)^2 \Rightarrow \frac{2EI}{W} \cdot y'' = -(l - x)^2$. Integrando ambos os desta equação em relação à x , obtemos:

$\frac{2EI}{W} \cdot \int y'' dx = -\int (l - x)^2 dx + C_1 \Rightarrow \frac{2EI}{W} \cdot y' = \frac{(l-x)^3}{3} + C_1$. Esta expressão representa as inclinações da curva elástica. Aqui, usaremos a condição de contorno $y'(0) = 0$ no intuito de determinar a constante arbitrária C_1 . Assim,

$\frac{2EI}{W} \cdot 0 = \frac{(l-0)^3}{3} + C_1 \Rightarrow 0 = \frac{l^3}{3} + C_1 \Rightarrow C_1 = -\frac{l^3}{3}$. Reescrevendo a equação das inclinações com esta última informação, temos: $\frac{2EI}{W} \cdot y' = \frac{(l-x)^3}{3} - \frac{l^3}{3} \Rightarrow \frac{6EI}{W} \cdot y' = (l - x)^3 - l^3$. Voltando a integrar em relação à x , temos:

$\frac{6EI}{W} \cdot \int y' dx = \int ((l - x)^3 - l^3) dx + C_2 \Rightarrow \frac{6EI}{W} \cdot y = -\frac{(l-x)^4}{4} - l^3 x + C_2$. Usaremos a segunda condição de contorno ($y(0) = 0$) para obter a constante arbitrária C_2 . Assim,

$\frac{6EI}{W} \cdot 0 = -\frac{(l-0)^4}{4} - l^3 \cdot 0 + C_2 \Rightarrow 0 = -\frac{l^4}{4} + C_2 \Rightarrow C_2 = \frac{l^4}{4}$. Reescrevendo a equação com o valor de C_2 obtido, temos: $\frac{6EI}{W} \cdot y = -\frac{(l-x)^4}{4} - l^3 x + \frac{l^4}{4} \Rightarrow \frac{24EI}{W} \cdot y = -(l - x)^4 - 4l^3 x + l^4$. Buscando melhorar esta expressão, temos:

$\frac{24EI}{W} \cdot y = -l^4 + 4l^3x - 6l^2x^2 + 4lx^3 - x^4 - 4l^3x + l^4$. Fazendo as simplificações devidas, obtemos:

$\frac{24EI}{W} \cdot y = -6l^2x^2 + 4lx^3 - x^4 \Rightarrow y = y(x) = \frac{W}{24EI}(-6l^2x^2 + 4lx^3 - x^4)$. Para obtenção da deflexão máxima, basta atribuir $x = l$ que é o comprimento total do vão da viga. Portanto, $y_{\max} = y(l) = \frac{W}{24EI}(-6l^4 + 4l^4 - l^4)$ o que nos dá: $y_{\max} = \frac{W}{24EI} \cdot (-3l^4) = -\frac{Wl^4}{8EI}$ metros. O que nos leva a interpretar que esta é a quantidade, em metros, que a viga flexiona abaixo da linha imaginária, segmento $\overline{BB'}$ (Figura 11).

Sobre o aspecto computacional podemos utilizar fortemente o *software WolframAlpha* (Figura 12) para estabelecer com facilidade a solução deste fenômeno. Para tanto, deve-se respeitar, detalhadamente, a sintaxe deste sistema algébrico computacional. Na Figura 12, observe que no lugar do módulo de rigidez EI , usou-se, por conveniência, a letra A . Isto porque o caractere I já é reservado pelo sistema para atribuição da parte imaginária dos números complexos.

Figura 12 – Resolução da EDO com valores iniciais



FIGURA 12 – Resolução própria do autor por meio do *software WolframAlpha*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como mostramos, as equações diferenciais estão associadas a encontrar soluções gerais adequadas aos fenômenos físicos-matemático. Seguidamente, expomos as soluções das modelações de forma específica, obedecendo as condições de contorno inerentes a cada problematização. Nesses problemas, tratamos, analisamos e demos interpretações aos fenômenos estudados. No entanto, é importante compreender que os modelos, apenas, forneceram descrições simplificadas dos problemas da vida real.

Dessa forma, o que fizemos foi estudar fenômenos clássicos, concretos, poucos estudados nos cursos de graduação com ênfase à área de ciências exatas e da terra. Nesses fenômenos, buscou-se estabelecer as modelagens adequadas através das equações diferenciais. Resolvemos essas equações na forma analítica e, o nosso maior interesse, entretanto, foi mostrar ao leitor um tema interessante e profundo, que possui interações com diversas outras partes das ciências. Ou seja, buscamos dar um toque inovador, tratando as modelagens por meio de softwares matemáticos.

Entendemos dessa forma, que tal enriquecimento computacional fica mais fácil obter as soluções de cada problema, dando oportunidade ao leitor de fazer conjecturas e até mesmo provar resultados, buscar as suas interpretações e abrindo um espaço para discussões acerca dos fenômenos físicos-matemático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTON, Howard. Cálculo, um novo horizonte. Vol. 1 e 2. 6ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2000.
2. BAJPAI, A. C. [et alii]. Matemática para engenharia. São Paulo: Hemus, 2010.
3. BOYCE, William E., Di PRIMA, Richard C. Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valores de Contorno. 10ª ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2015.
4. BRONSON, Richard. Equações Diferenciais Ordinárias. 2ª ed. – São Paulo: Makron Books, 1994.
5. EDWARDS JR., C. H., PENNEY, D. E. Cálculo com Geometria Analítica. 4ª ed. Vols. 2 e 3. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil LTDA., 1997.
6. FINNEY, Ross L [et alli]. Cálculo de George B. Thomas Jr. Vols. 1 e 2 – 10ª ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003.
7. KAPLAN, Wilfred. Cálculo e Álgebra Linear. Vols. 2, 3 e 4. Rio de Janeiro: LTC.
8. KREYSZIG, Erwin. Advanced Engineering Mathematics. 6ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1988.
9. LAMBE, C. G. e TRANTER, C. J. Differential Equations for Engineers and Scientists. E. U. P., 1961.
10. LEITHOLD, Louis. O Cálculo com Geometria Analítica. Vol. 2. 3ª ed. São Paulo: Harbra.
11. MUNEM, Mustafa. Cálculo. Vol. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.
12. OLIVEIRA, Edmundo Capelas de. Métodos Matemáticos para Engenharia. 2ª ed. – Rio de Janeiro: SBM, 2010.
13. STEWART, James. Cálculo. Vols. 1 e 2 – 4ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
14. SWOKOWSKI, Earl William. Cálculo com Geometria Analítica. 2ª ed. Vol. 2. São Paulo: Makron Books, 1994.
15. ZILL, Dennis G. Equações Diferenciais com Aplicações em Modelagem. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

Capítulo 4



10.37423/240609104

AVALIAÇÃO APÓS IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE COLETA MECANIZADO EM CIDADE DO LITORAL CATARINENSE

CAMILA PASSARELLA BORTOLETTO

Contemar Ambiental Comércio de Containers Ltda

ELISABETH PELOSI TEIXEIRA

Faculdade de Tecnologia de Sorocaba - FATEC - SO

Everton Herzer

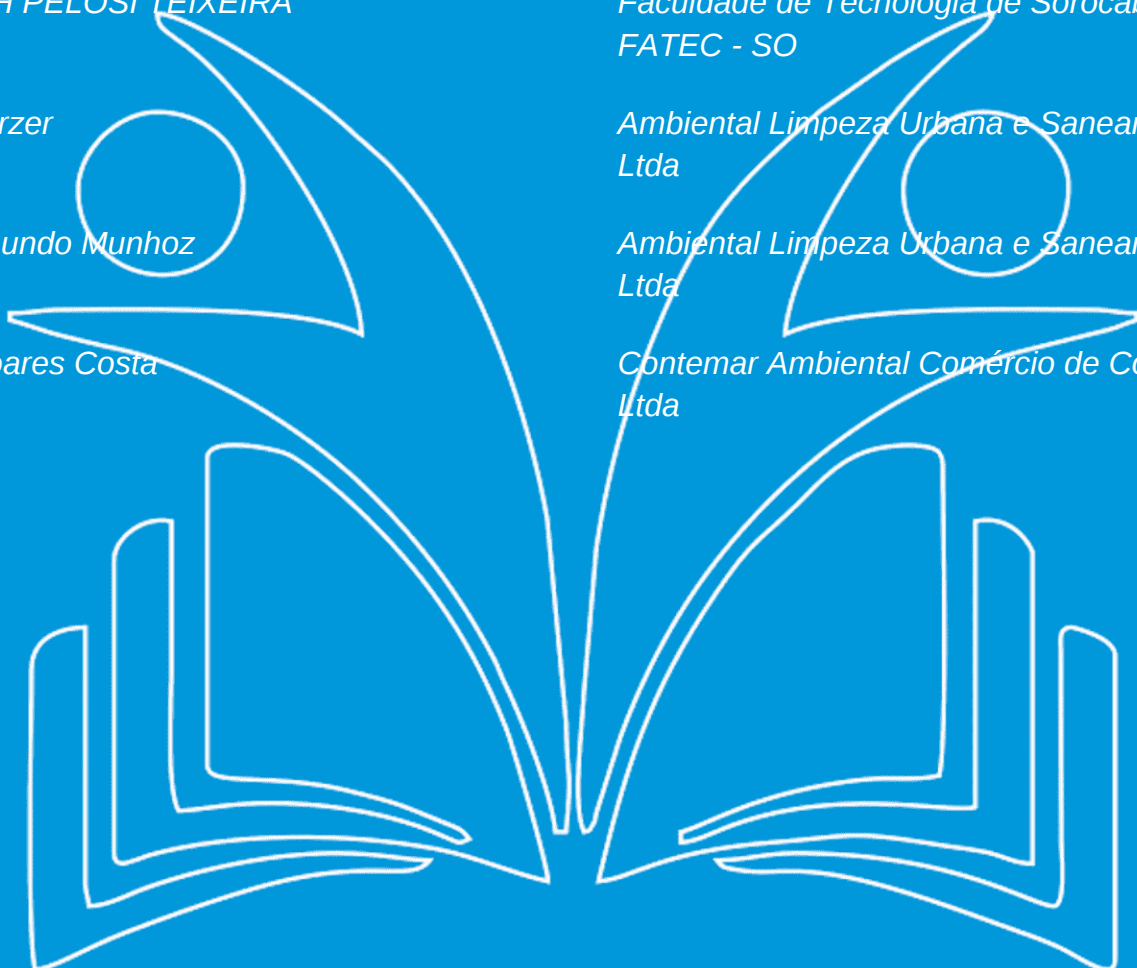
Ambiental Limpeza Urbana e Saneamento Ltda

Tiago Raimundo Munhoz

Ambiental Limpeza Urbana e Saneamento Ltda

Nathalia Soares Costa

Contemar Ambiental Comércio de Container Ltda



Resumo: Os resíduos despejados nas praias provocam poluição ambiental ao mar, à areia, e consequentemente, acarretam problemas econômicos, de saúde pública, danos à biota marinha além de influir negativamente na visitação turística. Para um melhor gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos na área costeira, Caldas (2007) em sua monografia sugere a colocação de contentores em pontos estratégicos para coleta seletiva, gerando benefícios ambientais, sociais e econômicos. Este estudo pretende avaliar a implantação de coleta containerizada de resíduos sólidos urbanos em uma cidade turística do litoral catarinense, identificando o índice de utilização do sistema, aprovação por parte da população e os pontos positivos e de melhoria por parte da percepção pública. A containerização de resíduos sólidos urbanos foi iniciada como projeto piloto em dois pontos da cidade. Na região central, fortemente verticalizada, os contentores foram alocados em pontos estratégicos ao longo da orla marítima e na região periférica horizontalizada, foram distribuídos nas principais ruas, estradas e entrada de servidões. A percepção da população contemplada mostra que este sistema é bem visto pela maior parte dos entrevistados e tem potencial de ser utilizado pelos usuários, pois estes reconhecem seus benefícios, reduzindo a poluição causada pelo lixo espalhado nas ruas e deixando o aspecto urbano mais organizado e limpo. Entretanto, é preciso ressaltar que para que o sistema tenha maior aderência da população é necessário que os equipamentos estejam distribuídos em uma distância considerada viável para que a população possa se dirigir até eles para descarte de seu resíduo.

Palavras-chave: Coleta Containerizada, Coleta Mecanizada, Gestão de Resíduos, Cidade Turística, Opinião Pública.

INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos é um tema diretamente relacionado à um modelo de desenvolvimento sustentável.

O litoral, com suas características particulares como a própria localização, desperta interesse de ocupação por diferentes atividades econômicas e uso pelo Turismo, principalmente, que assume um papel importante na dinamização e conservação dos recursos naturais (LOPES JÚNIOR e RANGEL, 2017).

Com a ocupação das regiões costeiras evidencia-se o problema ambiental da disposição final dos resíduos sólidos urbanos, que, segundo Hempe e Nogueira (2012) tal problema ocorre pelo aumento da população e, conseqüentemente, aumento do consumo, sendo esse último dependente da época, das atividades econômicas e culturais.

No litoral paulista, a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) tem um agravante nos meses de maior trânsito de turistas. Sua geração é duplicada em relação aos outros meses do ano e, em algumas cidades, a quantidade chega a triplicar, representando uma média de 35% do total de RSU gerado ao ano (CETESB, 2016).

Com relação ao descarte de resíduos em áreas litorâneas, os resíduos despejados nas praias provocam poluição ambiental ao mar, à areia, e conseqüentemente, acarretam problemas econômicos, de saúde pública, danos à população local e os visitantes, sem limitar-se somente aos poderes público e privado a responsabilidade do desenvolvimento sustentável, principalmente no Brasil em que as regiões litorâneas representam os principais atrativos turísticos (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2006, p.43).

Para um melhor gerenciamento dos RSU na área costeira, Caldas (2007) em sua monografia sugere a colocação de contêineres em pontos estratégicos para coleta seletiva e esta pode ser feita por órgãos governamentais em conjunto com as cooperativas de materiais recicláveis, impulsionando as mesmas e gerando benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Visando analisar o sistema implementado em uma cidade turística litorânea catarinense, esse estudo compila dados em relação a adoção de dois formatos de containerização adotados em áreas distintas da cidade, ambas com influência turística, porém com características bem diferentes.

OBJETIVO

Este estudo pretende avaliar a implantação de coleta containerizada de resíduos sólidos urbanos uma cidade turística do litoral catarinense, identificando o índice de utilização do sistema, aprovação por parte da população e os pontos positivos e de melhoria por parte da percepção pública.

METODOLOGIA UTILIZADA

- **Levantamento dos métodos de containerização adoto nos projetos piloto**

Por meio das informações coletadas com a prestadora de serviço de limpeza pública do município litorâneo catarinense, foi possível diagnosticar os pontos onde estão ou deveriam estar alocados os contentores de RSU.

Compiladas essas informações e apresentadas nos resultados.

- **Avaliação do índice de utilização e de aprovação do sistema de coleta containerizada pela população.**

A empresa prestadora de serviço de limpeza pública, aplicou um questionário à população moradora de um bairro periférico horizontal contemplado com a coleta mecanizada, para aferir a utilização e a satisfação da população quanto ao processo de containerização, com perguntas abertas e fechadas, para identificar o perfil do entrevistado e a avaliação em relação ao novo sistema de coleta de RSU. As respostas das perguntas abertas, foram agrupadas por similaridade. Os dados foram tabulados em Excel para melhor análise, que demonstra a visão da população frente ao novo sistema de coleta containerizada.

- **Identificação dos principais benefícios e os principais pontos de melhoria na visão do usuário**

Através da compilação e análise dos dados extraídos do questionário aplicado na região do bairro periférico horizontal contemplado com o sistema de coleta containerizada, demonstrou-se a visão da população frente ao novo sistema de coleta containerizada em forma de gráficos.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

A containerização de RSU foi iniciada em uma cidade turística do litoral catarinense como projetos pilotos em dois pontos da cidade. Na região central, fortemente verticalizada, foram instalados 90 contentores de 1000l de capacidade, alocados em pontos estratégicos ao longo da orla marítima (figura 1), próximo a quiosques, comércio e serviços de grande geração de resíduos. A área é fortemente influenciada pela sazonalidade turística.

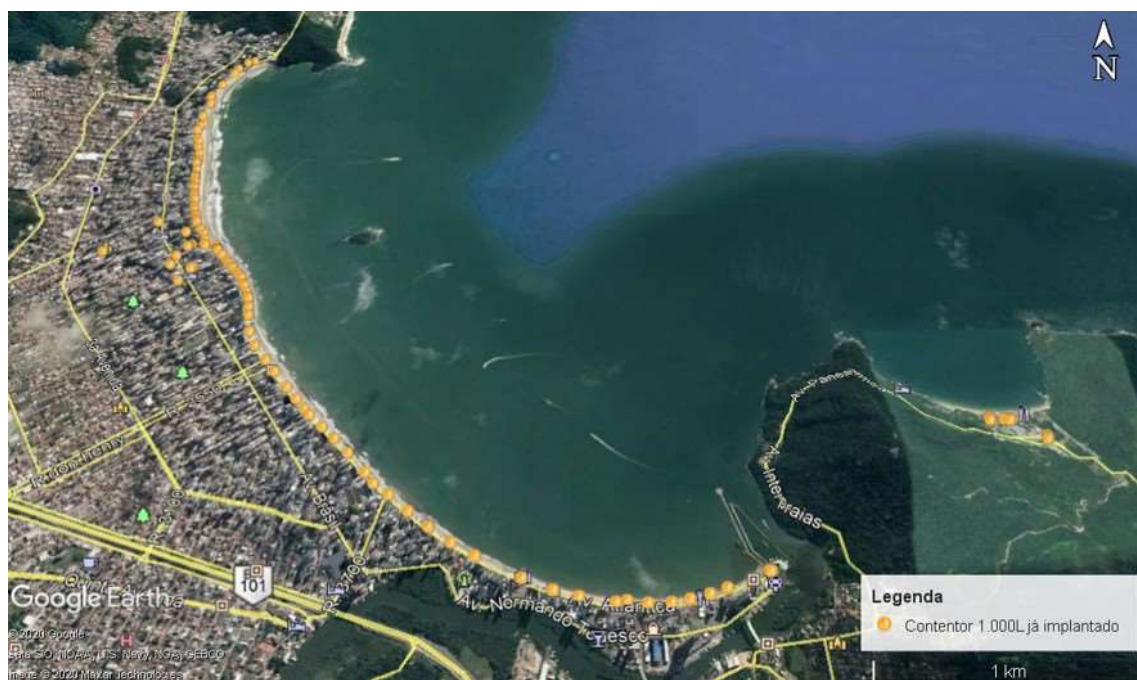


Figura 1: Mapa da distribuição dos contentores na orla marítima da cidade litorânea catarinense – Área piloto central.

Fonte: Os Autores.

Já na região periférica horizontalizada, os contentores foram distribuídos nas principais ruas, estradas e entrada de servidões, totalizando 68 contentores de 1000L de capacidade, como mostra a figura 2.

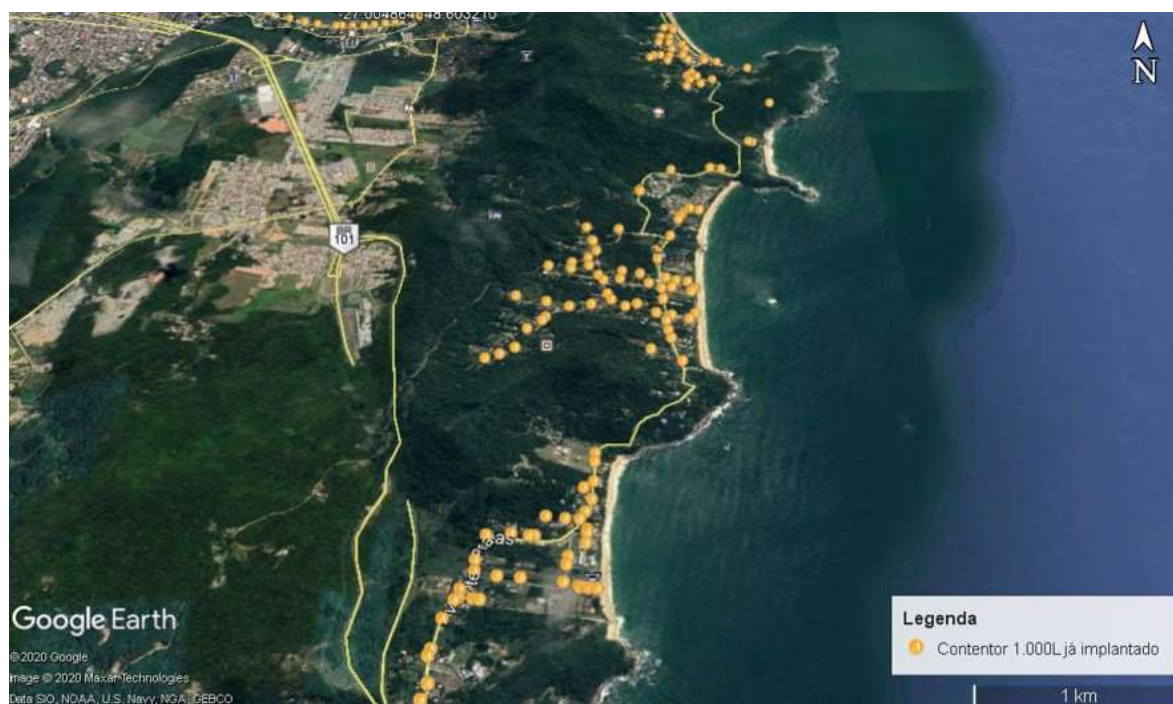


Figura 2: Mapa da distribuição dos contentores na orla marítima da cidade litorânea catarinense – Área piloto bairro periférico.

Fonte: Os Autores.

Em relação à utilização do sistema pela população, dos questionários respondido foi diferencia por perfil de uso, ou residência, comercial ou condomínio, e a figura 3 mostra essa informação.

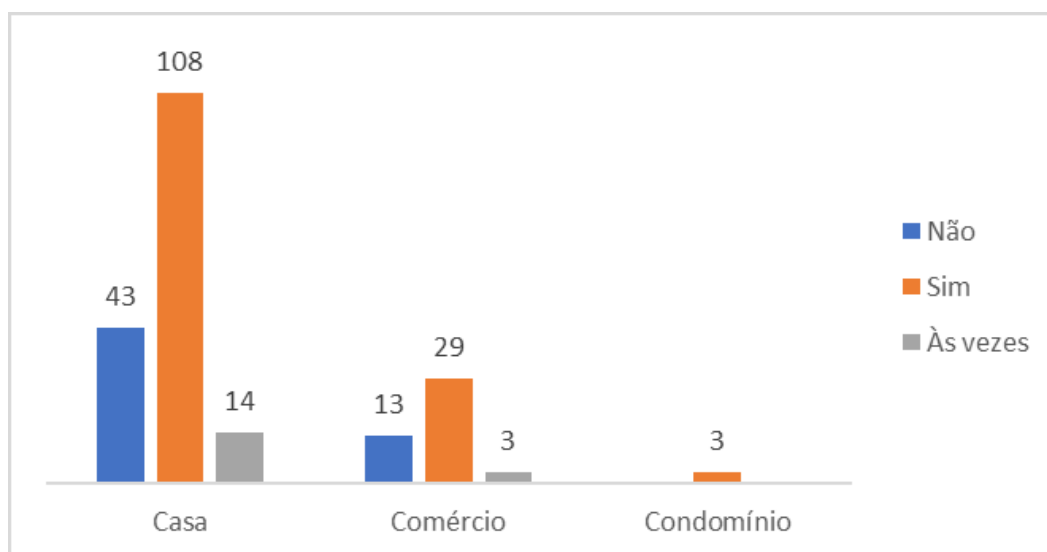


Figura 3: Aderência da população ao sistema de containerização implementado no bairro periférico horizontalizado.

Fonte: Os Autores.

Foi questionado o grau de aprovação e satisfação da população usuária do sistema de coleta containerizada. A Figura 4 apresenta o grau de satisfação dos usuários do sistema de coleta de RSU.

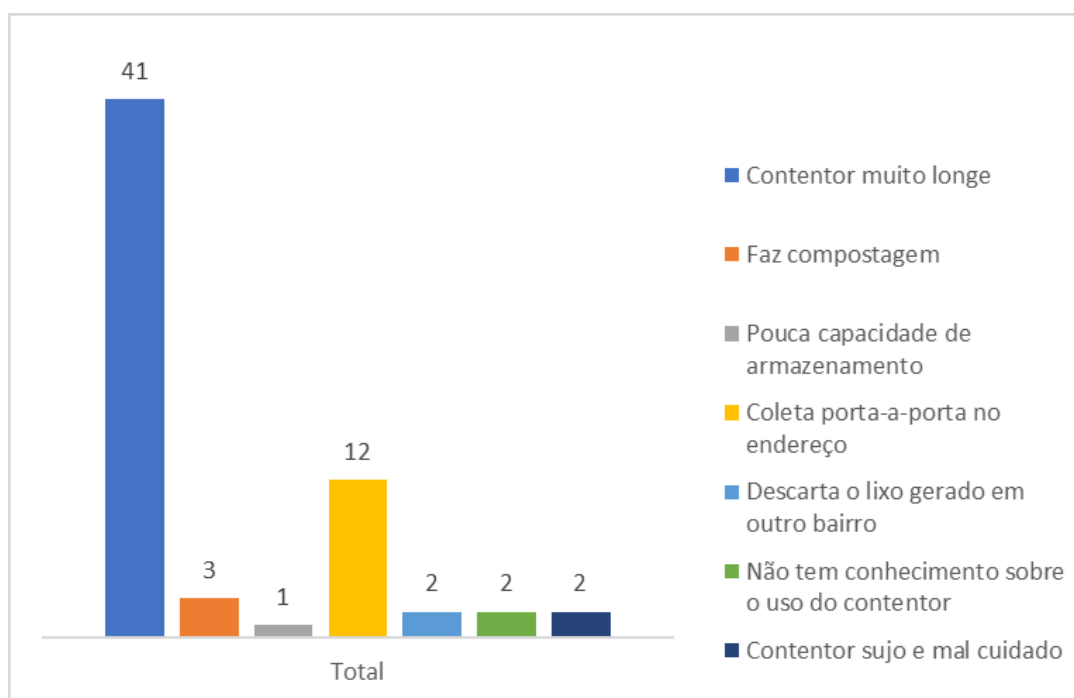


Figura 4: Grau de satisfação da população após o sistema de containerização implementado no bairro.

Fonte: Os Autores.

Figura 5 apresenta os dados consolidados da população sobre a utilização do sistema de coleta containerizada, explicitando os pontos que considera que pode ser melhorado.

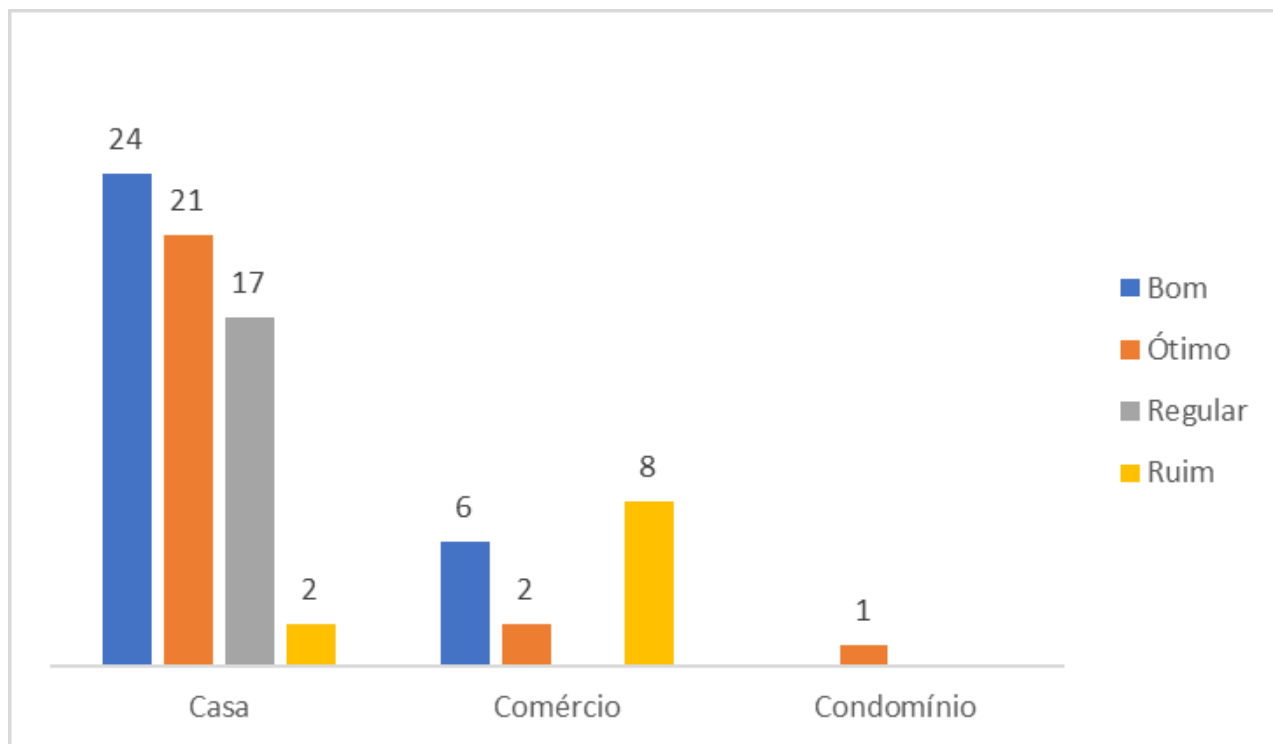


Figura 5: Oportunidades de melhoria apontadas pela população em relação ao sistema de containerização implementado no bairro.

Fonte: Os Autores.

A Figura 6 apresenta os benefícios da coleta containerizada, identificados pela população. O benefício que mais é ressaltado pela população da periferia é a ausência de sacos de lixo espalhados pelo chão, apontado tanto pelas residências como pelo comércio. Também foram apontados como benefícios maior flexibilidade nos horários de descarte dos resíduos e melhora no paisagismo.

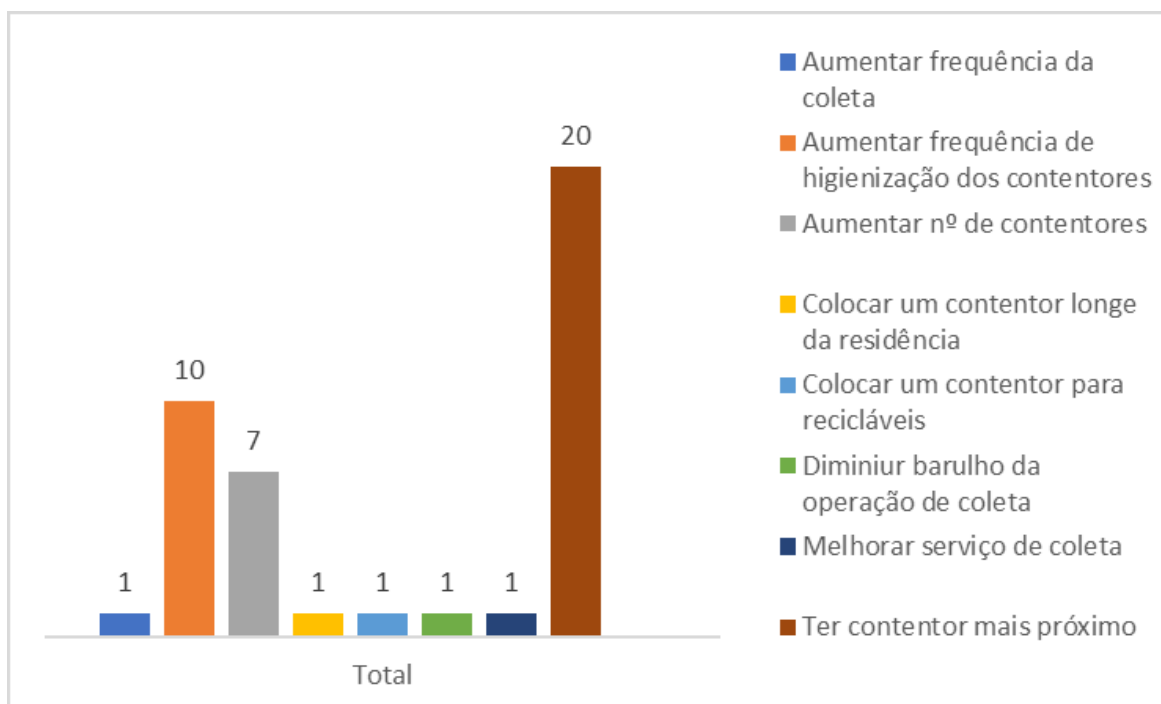


Figura 6: Indicação dos benefícios gerados pelo sistema de containerização implementado no bairro.

Fonte: Os Autores.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A forma de containerizar nos dois bairros foi bem distinta, porém foi realizada de acordo com as características de cada um. No bairro central, por ser verticalizado e urbanizado, foram adotados contentores apenas na orla, dando subsídio a limpeza da região de frente ao mar, consequentemente a mais movimentada e frequentada pelos turistas. Já no bairro mais periférico, o sistema adotado contempla a população moradora no geral, sendo que os contentores se encontram distribuídos ao longo das ruas e estradas e não apenas a beira mar.

Em relação à utilização do sistema pela população, dos questionários respondidos por moradores de casa, 108 afirmaram utilizar os contentores e 14 afirmaram utilizar as vezes. Já 43 dos moradores relataram não utilizar o sistema. A figura 3 mostra os resultados consolidados e demonstra que os proprietários de comércio ainda utilizam pouco os contentores, provavelmente porque a empresa de coleta siga recolhendo os resíduos embalados em sacos e dispostos na frente do comércio. Isso ocorre no início da transição dos sistemas de coleta manual para a containerizada.

A maioria da população aprova o sistema, pois somando-se as respostas “bom” e “ótimo” temos 45 aprovações, 17 questionários responderam que acham o sistema regular e apenas 2 o acham ruim. Em relação aos usuários comerciantes, cujo índice de aprovação é ruim, com 8 relatos, é difícil avaliar

este grau de rejeição, visto que na questão anterior, eles afirmam não usar o sistema. Pesquisa de opinião mais aprofundada precisa ser conduzida para tornar o sistema mais amigável ao comércio e estimular que seja utilizado. A Figura 4 apresenta o grau de satisfação dos usuários do sistema de coleta de RSU.

Das sugestões aponta que a população considera que está andando muito para dispor os seus resíduos nos contentores, pois houve 10 questionários de moradores de casa e 1 usuário do comércio que indicaram a necessidade do contentor mais próximo. Por outro lado, o mal cheiro parece incomodar, pois 8 questionários de casas e 2 de comércio apontaram aumentar a frequência da higienização dos contêineres. Aumentar o número de contentores também foi uma sugestão de 6 questionários de casas e 1 de comércio, que somados às solicitações de instalação dos contentores em ruas próximas (8 questionários de casa e 1 de comércio) demonstra que quanto mais próximo o recipiente estiver da residência ou do comércio, melhor é sua operacionalidade.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Por existir diferentes modelos e capacidade de contentores, é possível realizar a containerização de distintas formas para atender a necessidade de cada demanda. Por isso, os projetos de containerização são realizados em projetos pilotos, estudado a característica de cada área para estar desenhado atender aquela necessidade.

Para se ter maiores benefícios da coleta containerizada que possibilita a mecanização, a distribuição dos contentores poderia ser realizada de forma a atender 100% da população e assim fechar uma rota para otimizar mão de obra e tempo de coleta.

Recomenda-se também avaliar mais próximo a queixa dos comerciantes para poder mitigar e aumentar o grau de sucesso do novo sistema de coleta containerizada. Assim como seguir com as mensurações de avaliação da população, assim como outros indicadores de eficiência, como tempo de coleta, km rodado no percurso, número de acidentes de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CALDAS, A.H.M. Análise da disposição de resíduos sólidos e da percepção dos usuários em áreas costeiras: um potencial de degradação ambiental. 2007. 60 p. Monografia (Pós-graduação em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2007. Disponível em:

<http://globalgarbage.org/monografia_ana_helena_mousinho_caldas.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2020.

2. CETESB. Mais de 80% dos resíduos gerados no Litoral Paulista podem ser recuperados, mas têm destino incorreto. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2016/09/06/mais-de-80-dos-residuosgerados-no-litoral-paulista-podem-serrecuperados-mas-tem-destino-incorreto/>>. Acesso em: 03 mar. 2020.

3. ENGEPLUS (Redação). Lixo jogado nas praias gera impactos ambientais, econômicos e prejuízo aos banhistas. Disponível em: <<http://www.engeplus.com.br/noticia/ambiente/2019/lixo-jogado-nas-praiasgera-impactos-ambientais-economicos-e-prejuizo-aos-banhis>>. Acesso em: 28 fev. 2020.

4. MINISTÉRIO DO TURISMO. Caderno e Manuais de Segmentação. Marcos Conceituais - Ano de 2006. p. 43. Brasília, 2006. Disponível em:

<http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/downloads_publicacoes/Marcos_Conceituais.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2020.

Capítulo 5



10.37423/240609110

ANÁLISE ENTRE O ANTIGO E O NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL E OS DECRETOS EM ATUAL VIGÊNCIA

Robert William Florentino

*Universidade Estadual do Centro-Oeste -
UNICENTRO*

Emilly Giacobbo

*Universidade Estadual do Centro-Oeste -
UNICENTRO*

Guilherme Gavlak

*Universidade Estadual do Centro-Oeste -
UNICENTRO*

Maiza Karine Barcia

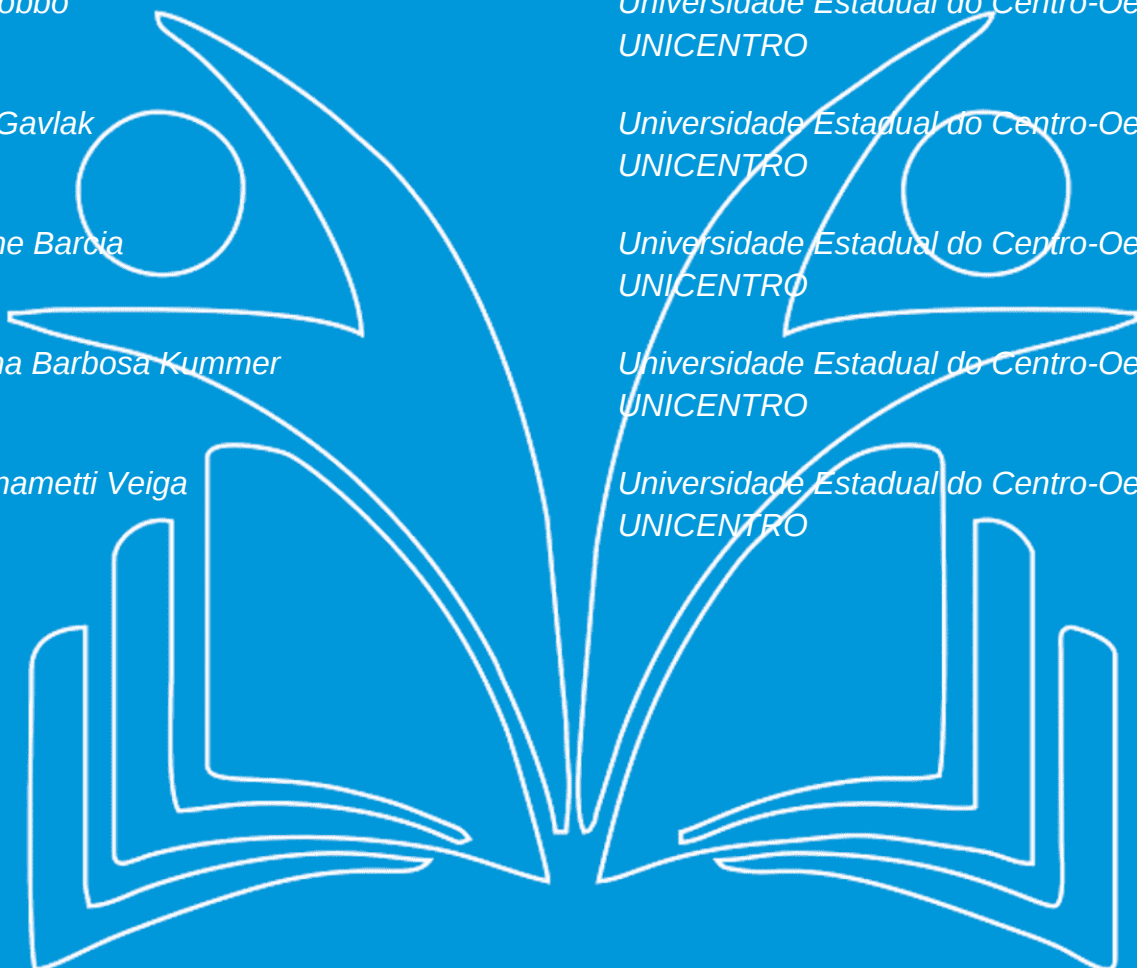
*Universidade Estadual do Centro-Oeste -
UNICENTRO*

Ana Carolina Barbosa Kummer

*Universidade Estadual do Centro-Oeste -
UNICENTRO*

Tatiane Bonametti Veiga

*Universidade Estadual do Centro-Oeste -
UNICENTRO*



Resumo: O estudo parte do pressuposto que muitos princípios que fundamentam o Marco Legal do saneamento básico ainda não estão consolidados em grande parte dos municípios brasileiros. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo analisar e comparar o antigo e o novo Marco Legal do saneamento básico. Para realização dessa avaliação foi utilizada uma análise documental comparativa a fim de levantar alterações importantes como regionalização, licitações e a busca da universalização do acesso. As metas estipuladas, no âmbito da universalização, são difíceis de alcançar em um curto período de tempo. As áreas de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas são pouco exploradas no novo Marco legal. Uma das críticas a esse documento refere-se a sua abordagem em relação ao saneamento básico, considerando que suas diretrizes deveriam ser igualitárias em todas suas vertentes, de forma universal, para áreas urbanas e rurais.

Palavras chaves: Universalização; Regionalização; Água; Esgoto Sanitário; Resíduos Sólidos.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o saneamento básico tem se destacado como uma questão de suma importância em diversos comitês internacionais, como pode ser claramente observado na Agenda 2030. Neste contexto, o conceito é amplamente abordado por meio das discussões dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), evidenciando a necessidade de ações concretas e integradas para garantir acesso universal a serviços de qualidade. No entanto, apesar da sua relevância crescente, muitas vezes existe uma lacuna entre as discussões técnicas e o entendimento da população em geral sobre o que realmente engloba o saneamento básico. Se perguntarmos à população em geral sobre o significado de saneamento básico, as respostas tendem a se concentrar, principalmente, em aspectos como "água e esgoto", deixando de lado outras importantes vertentes que também fazem parte desse conceito abrangente. Além da água potável e do tratamento de esgoto, o saneamento básico engloba igualmente a gestão de resíduos sólidos, a limpeza urbana e o manejo de águas pluviais, todas essenciais para promover ambientes saudáveis e sustentáveis em nossas comunidades.

Estipulada em 2015, pela Organização das Nações Unidas (ONU), a Agenda 2030 consiste em um plano mundial para obter condições melhores para todos os povos e nações até o ano de 2030, como o próprio nome sugere. Para a execução desse plano, 193 países assumiram o compromisso de buscar atingir os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, estipulados em assembleia. De forma direta e indireta, os objetivos, majoritariamente, estão relacionados com as quatro vertentes do saneamento básico, sendo que o "objetivo 6" intitulado como "água potável e saneamento" é o único que tem o tema de saneamento básico explícito, mesmo se relacionando mais com as questões que envolvem a água potável e suas vertentes (ONU, 2023).

O Brasil sendo um estado-membro da agenda 2030, deve apresentar avanços relacionados com tópicos abordados pelos ODS, e de acordo com o Supremo Tribunal Federal (STF), existem 4.007 processos anexados aos sistemas federal, sendo que desses, apenas 44 apresentam aderência ao "objetivo 6 (STF, 2023).

Atualmente, o sistema sanitário do Brasil é classificado pela Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020, definindo como saneamento básico o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais relacionado ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), no ano de 2021, 84,2% da população brasileira foi atendida pelo abastecimento de água, deixando cerca de 35 milhões de brasileiros sem acesso. Já em relação às regiões do país, o Norte e o Nordeste apresentam as menores taxas de abastecimento de água, com índices de 59,97% e 74,72%, respectivamente, sendo que as demais regiões apresentam melhores taxas de abastecimento, com 89,88% no Centro-Oeste, 91,35% no Sul e 91,53% no Sudeste. No que se refere ao esgotamento sanitário, 55,81% da população são contemplados com rede coletora de esgoto (com tratamento adequando em apenas 51,17% do esgoto gerado), culminando para o despejo de 132,5 milhões de esgoto bruto gerados pelos 100 milhões de brasileiros que não possuem acesso à rede coletora de esgoto (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, 2021).

Quanto a coleta de esgotos, a região Sudeste destaca-se com maior índice, atendendo cerca de 81,6% da população da região, seguido do Centro-oeste, Sul, Nordeste e Norte, com índices de 61,9%, 48,4%, 30,2% e 13,4%, respectivamente (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, 2021). Infelizmente não é possível relacionar a coleta de esgoto com o tratamento adequado, visto que a maioria das regiões apresentam índices menores de tratamento em relação à coleta, como é o caso da região Sudeste que trata aproximadamente 60% do esgoto gerado, 20% a menos do volume coletado.

Com relação a limpeza urbana e resíduos sólidos, no Brasil, os dados são fornecidos, anualmente, pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Na última edição, do ano de 2022, o panorama indicou a geração de 82 toneladas de resíduos por ano no território brasileiro, sendo a maior taxa na região Sudeste e a menor na região Norte. Desse total, pouco mais de 76 toneladas foram coletadas, indicando uma taxa de cobertura de coleta de 93% em todo território. Ao se revelar os dados referentes à coleta seletiva, os indicadores apontam para iniciativas de coleta em 75% dos municípios brasileiros, sem indicação da taxa de cobertura em relação à coleta seletiva. No que tange à disposição final, é considerada ambientalmente correta apenas o encaminhamento de rejeitos a aterros sanitários, o que ainda não ocorre em totalidade (Decreto nº 7.212).

No contexto da drenagem e do manejo das águas pluviais urbanas, é importante reconhecer que não há um sistema de monitoramento universal devido à diversidade de condições encontradas em cada município. Fatores como as características climáticas locais, o relevo da região e a infraestrutura existente influenciam significativamente as estratégias de gestão adotadas. Ressalta-se que o

saneamento básico tem relação intrínseca com a saúde pública, pois algumas doenças são, direta ou indiretamente, causadas pelas condições ineficazes de saneamento como baixa qualidade da água, esgoto a céu aberto, descarte incorreto de resíduos sólidos, entre outros. Em 2004, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) publicou um caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública, classificando as principais doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI), como pode ser observado na tabela 1 (FUNASA, 2004).

Tabela 1- Quadro das principais doenças causadas devido condições inadequadas de saneamento básico.

Categoria	Doença
Doenças de transmissão feco-oral	Diarreias Febres entéricas Hepatite A
Doenças transmitidas por inseto vetor	Dengue Febre Amarela Leishmanioses Filariose linfática Malária Doença de Chagas
Doenças causadas através do contato com a água	Esquistossomose Leptospirose
Doenças relacionadas com a higiene	Tracoma Conjuntivites Doenças de pele Micoses superficiais
Geo-helmintos e teníases	Helmintíases Teníases

Fonte: Adaptado da FUNASA, 2004.

De acordo com o Sistema Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de Recuperação Automática (SIDRA), no ano de 2016 o número de internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado foi de 166,8 registros por 100.000 habitantes. Desse total, foram 131,2 registros relacionados com doenças de transmissão feco-oral, 33,9 registros relacionados com doenças transmitidas por inseto vetor, 1,1 registros relacionados com doenças transmitidas a partir do contato com água contaminada, 0,2 registros relacionados com a higiene e 0,5 por geo-helmintos e teníase, sendo as unidades por 100.000 habitantes (IBGE, 2016). Ainda sobre as internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, os maiores índices foram registrados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Já em 2021, segundo dados do DATASUS, disponíveis no Painel Saneamento Brasil, o país teve cerca de 130 mil internações por doenças relacionadas à falta de saneamento básico (Instituto Trata Brasil, 2021).

No Brasil, a questão do saneamento básico representa um desafio significativo, com muito a evoluir em termos de infraestrutura e serviços. De acordo com as metas estabelecidas pelo novo Marco Legal, o país se compromete a alcançar até 2033 a cobertura de 99% da população com água potável e 90% com coleta e tratamento de esgotos. Além disso, até agosto de 2024, todos os municípios brasileiros devem implementar a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos em aterros sanitários, conforme estipulado na Lei Nº 14.026. Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de uma análise abrangente e comparativa entre o antigo e o novo Marco Legal do saneamento básico. Este estudo tem como objetivo principal identificar e destacar as alterações e avanços proporcionados pela legislação mais recente, visando especialmente a universalização do acesso aos serviços essenciais de saneamento.

2. METODOLOGIA

Esse estudo consistiu em uma pesquisa bibliográfica exploratória, fundamentada na análise da Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualizou o Marco Legal do saneamento básico no Brasil. Segundo Gil (2010), a pesquisa exploratória busca ligação com o problema, fazendo com que o estudo se torne mais compreensível, a estrutura da pesquisa é muito ampla, considerando os diversos aspectos do caso estudado. Já a pesquisa bibliográfica é fundamentada em material já publicado, possibilitando com que o pesquisador trabalhe de forma mais abundante em diversos acontecimentos.

As análises foram realizadas comparando o antigo Marco Legal do saneamento básico, retratado pela Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, com o novo Marco Legal, observando as atualizações efetuadas, as metas propostas e como serão alcançadas (Decreto nº 11.466). Para efeito de comparação e análise do novo Marco Legal também foram utilizados o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) e os Decretos nº 11.466 e nº 11.467 que efetuaram alterações influenciando na Lei nº 14.026 (Lei Nº 14.026; Decreto nº 11.466; Decreto nº 11.467).

No contexto do novo Marco Legal do saneamento básico, foram identificados temas específicos que demandam uma análise aprofundada, visando compreender suas implicações e desafios. Dentre esses temas, destaca-se a universalização do acesso, que constitui um dos pilares fundamentais para garantir que todos os cidadãos tenham acesso aos serviços essenciais de saneamento. Além disso, a abordagem das licitações para empresas público-privadas representa uma importante estratégia para

promover a eficiência na prestação desses serviços, garantindo a participação do setor privado de forma transparente e regulamentada.

A regionalização emerge como outro tema crucial, pois reconhece a importância de uma abordagem integrada e coordenada na gestão dos recursos hídricos e na prestação de serviços de saneamento em nível regional. Nesse contexto, a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos ganham destaque, destacando a necessidade de políticas e práticas eficazes para garantir a coleta, tratamento e disposição adequada dos resíduos, minimizando assim os impactos ambientais e promovendo a sustentabilidade.

Por fim, a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas surgem como temas essenciais, especialmente diante dos desafios relacionados às mudanças climáticas e ao aumento da frequência de eventos extremos. Uma abordagem integrada e sustentável para a gestão das águas pluviais é fundamental para mitigar os riscos de enchentes e garantir a qualidade ambiental das áreas urbanas. Assim, ao aprofundar o estudo em cada uma dessas vertentes, é possível obter insights valiosos para o desenvolvimento e implementação de políticas e práticas mais eficazes no setor de saneamento básico.

3. RESULTADOS

3.1. ANTIGO MARCO LEGAL

O antigo Marco Legal do saneamento básico é determinado pela Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais e a política federal de saneamento básico. Desde sua publicação já se falava na universalização do acesso, mas sem metas estabelecidas como determinado pelo novo Marco Legal do saneamento básico (Decreto nº 11.466).

A partir da regulamentação da Lei nº 11.445 foi possível buscar maiores investimentos no setor de saneamento básico. Observando os dados do SNIS no ano de 2010, 81% da população contava com rede de abastecimento de água e 46,2% com a rede coletora de esgoto, elevando-se para 84,2% e 55,8%, respectivamente, no ano de 2021 (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, 2021). É possível perceber que os índices de taxa de cobertura pouco evoluíram, mesmo a partir da publicação do antigo Marco Legal. Sion (2020), cita que a baixa evolução do Brasil na área de saneamento pode estar relacionada com questões políticas ou pela falta de investidores, devido a insegurança jurídica.

Ao se comparar os quantitativos populacionais atendidos pela rede de água e de esgoto entre os anos de 2010 e 2021, observa-se um crescimento de aproximadamente 30 milhões de pessoas atendidas pela rede de água e de 34 milhões atendidas pela rede de esgoto (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, 2021). Embora seja observado esse aumento em grande escala na quantidade de pessoas atendidas por esses serviços, isso não significa que houve acompanhamento das obras em relação ao crescimento populacional e a porcentagem de pessoas atendidas, visto que os sistemas de investimentos, nesse setor, são vultuosos, demanda obras de médio a longo prazo de duração e, segundo o novo Marco Legal, a universalização deve ser atingida até o ano de 2033 (Lei Nº 14.026).

O Brasil, dada sua vasta extensão territorial, enfrenta um desafio considerável no que diz respeito ao saneamento básico e à busca pela universalização do acesso. A realidade do país frequentemente se depara com contradições, pois os dados apresentados nem sempre refletem fielmente as experiências vivenciadas, devido às demandas distintas de cada região. Isso resulta na constatação de que um sistema sanitário padrão não é eficaz em todas as aplicações. Portanto, para abordar efetivamente as necessidades específicas de cada região, são indispensáveis estudos detalhados e específicos. Isso implica na busca por sistemas de saneamento básico diferenciados, adaptados às condições locais e às demandas particulares de cada comunidade. Além disso, é crucial reconhecer a necessidade de investimentos diferenciados em cada localidade, a fim de garantir que as soluções implementadas sejam adequadas e eficazes. Essa abordagem mais personalizada e adaptativa é fundamental para superar os desafios enfrentados pelo país no campo do saneamento básico e para garantir que todos os brasileiros tenham acesso a serviços de qualidade que atendam às suas necessidades específicas.

3.2. NOVO MARCO LEGAL

O novo Marco Legal sancionado pela Lei nº 14.026 em 15 de junho de 2020, atualiza e altera a Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000, que dispunha sobre a Agência Nacional de Águas (ANA) e suas competências. Na vigência atual, a ANA passa a ser responsável, também, no que se diz respeito ao saneamento básico, alterando sua nomenclatura para Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

Mesmo sendo um documento novo em relação ao tempo de publicação, ainda existem várias lacunas, visto que o documento é atual e deveria ter contemplado pautas discutidas nos diferentes cenários em relação ao saneamento básico, como a questão do acesso ao saneamento ser um direito humano,

abordado pela ONU (ONU, 2010). O documento ainda apresenta todos os itens do saneamento básico com a mesma importância, deixando de abordar várias questões pertinentes a limpeza urbana e resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Outros aspectos que têm gerado debates dizem respeito ao estímulo à abertura de licitações e à preferência por empresas privadas na prestação de serviços de saneamento básico. A regionalização da gestão dos serviços também tem sido objeto de discussão, uma vez que implica na necessidade de designar um líder regional, o que representa um desafio significativo em termos de controle social. Isso ocorre devido à falta de uma visão abrangente e equitativa do saneamento básico em todas as suas vertentes, com maior ênfase dada ao fornecimento de água potável e ao tratamento de esgoto.

É possível traçar uma linha do tempo em relação aos prazos expedidos pelo novo Marco Legal, desde a sua criação até a data mais extrema, em 2033 e se bem alinhado e executado pode ser associado ao prazo da Agenda 2030. No mesmo ano da publicação da Lei, o Decreto nº 10.588, entrou em vigor no ano de 2020, abordando questões sobre o apoio técnico e financeiro e alocação de recursos públicos federais, visto que no ano seguinte a aprovação do Decreto nº 10.710/2021, estabeleceu a capacidade econômico-financeira dos prestadores de serviços públicos em relação a ao abastecimento de água e esgotamento sanitário. Ainda no ano de 2021, foi estipulado, pelo prazo da Lei, a cobrança para a prestação de serviço de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, além da regionalização de cada estado que deveria ser estabelecida (Lei Nº 14.026).

Para o ano de 2022, as exigências eram a inclusão das metas de universalização e a publicação dos planos de saneamento. Em 2023, os estados já regionalizados estariam aptos para receber os recursos federais. Os anos de 2024 e 2025 são dedicados a regulamentação dos contratos de serviços prestados, sendo no primeiro ano a abertura de licitação para correção dos contratos e no segundo ano a substituição. Comisso os prazos estabelecidos têm uma pausa até o ano de 2033 no que se diz respeito à universalização dos serviços (ABCON SINDCON, 2021).

3.3. DECRETOS

No dia 05 de abril de 2023, foram divulgados dois novos decretos: o Decreto nº 11.466, regulamentando o artigo 10B da Lei nº 11.445, o qual estabeleceu a metodologia da capacidade econômico-financeira dos prestadores de serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário; e o Decreto nº 11.467 que regulamentou a prestação regionalizada de serviços públicos de saneamento básico, apoio técnico e financeiro e a alocação dos recursos públicos federais e

financiamentos com recursos da União ou operados pela União (Decreto nº 11.466; Decreto nº 11.467).

O Decreto nº 11.466/2023, descreve diretrizes para que os prestadores do serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário consigam comprovar que as metas de universalização, estabelecidas no contrato, serão atingidas até o ano de 2033 a partir da capacidade econômico-financeira. Empresas públicas ou sociedade de economia mista tem até final do ano de 2023, para fazer essa comprovação. Após a comprovação, a entidade reguladora determinará se as metas estabelecidas serão aprovadas ou não, se comprovada a capacidade econômico-financeira, a entidade reguladora deve fiscalizar o cumprimento das metas estabelecidas, caso ao contrário, a entidade reguladora determinará as ações que devem ser tomadas (Decreto nº 11.466).

Já no Decreto nº 11.467/2023, é tratado sobre a prestação regionalizada, procurando que uma empresa atenda mais de uma cidade em busca de que as metas de universalização sejam atingidas, além da viabilidade técnica e econômico-financeira; locais que não apresentam os blocos de regionalização, mas tem consórcios intermunicipais ou convênios de cooperação serão considerados como estruturas de prestação regionalizada, desde que não alterada as resoluções.

Outra questão é sobre o apoio com recursos da União que serão destinados a municípios na área de prestação regionalizada, esses recursos serão liberados somente quando os titulares dos serviços públicos de saneamento básico irregulares certificarem a regularização da prestação do serviço até o dia 31 de dezembro de 2025. Os municípios que já obtiveram a capacidade econômica e financeira aprovada e municípios que apresentaram o contrato de concessão ou parcerias público-privada, com licitação anteriormente à publicação deste decreto, não estarão dentro dos limites para a destinação dos recursos (Decreto nº 11.467).

3.4. MUDANÇAS NO CENÁRIO JÁ EXISTENTE

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) estabelece diretrizes para os quatro componentes do saneamento básico e deve ser atualizado a cada 5 anos. Esse plano apresenta objetivos, metas e indicadores compatíveis com as leis, decretos e planos vigentes no Brasil. A partir da publicação do novo Marco Legal, o PLANSAB deve sofrer modificações nas edições futuras nos aspectos da salubridade ambiental, na inclusão das terras indígenas, reservas extrativistas e comunidades quilombolas, porém questões referentes aos planos de saneamento rural não são abordadas com

clareza (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Plano Nacional de Saneamento Básico, 2020).

Para o controle das ações e metas, todos os municípios deveriam alimentar o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que passa a ser substituído pelo Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), sistema esse associado ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e, também, com Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), previsto no Decreto nº 7.217/2010. É de responsabilidade das prefeituras a inserção de dados no SNIS, no entanto, não é possível garantir que os dados são inseridos de forma correta e se realmente condiz com realidade local, pois não ocorre nenhuma fiscalização. A disponibilidade dos dados por meio desses sistemas é de grande importância para o monitoramento do uso da água, dimensionamento para novas estações de tratamento de água e esgoto, além de possibilitar a verificação dos avanços do Brasil no setor (CONDURÚ et al., 2023).

3.5.MUDANÇAS EM NOVO CENÁRIO

A partir da publicação do novo Marco Legal, a ANA passa a ser a responsável pela regulamentação e divulgação do setor de saneamento básico, sendo assim, é dela a responsabilidade de reger as normas sobre o assunto, além de atuar na fiscalização das agências reguladoras de cunho municipais, intermunicipais e estaduais, porém a agência segue sem responsabilidade sobre as obras relacionadas ao saneamento básico (Lei Nº 14.026).

Outra novidade da Lei nº 14.026, corresponde a regionalização estadual com o intuito de atingir a viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços prestados, além da possibilidade de vincular municípios ativos e os de menor população por meio de subsídios cruzados. Assim como a regionalização, a pauta apresentada no Art. 8º sobre o incentivo à concessão da prestação de serviços, são alvos de grandes críticas, já que esse último tópico prevê a preferência das licitações de empresas de cunho público-privado, proibindo novos contratos entre municípios e empresas estaduais, colocando a execução dos serviços em crise, já que em empresas público-privada, a cobrança da população em geral sobre os deveres da prestadora tem menor peso e eficiência, visto que essas empresas operam de forma independente dos órgãos públicos. A última mudança que o novo Marco Legal estipula é a universalização dos sistemas de abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto sanitário, abrangendo, respectivamente, 99% e 90% da população, até o ano de 2033,

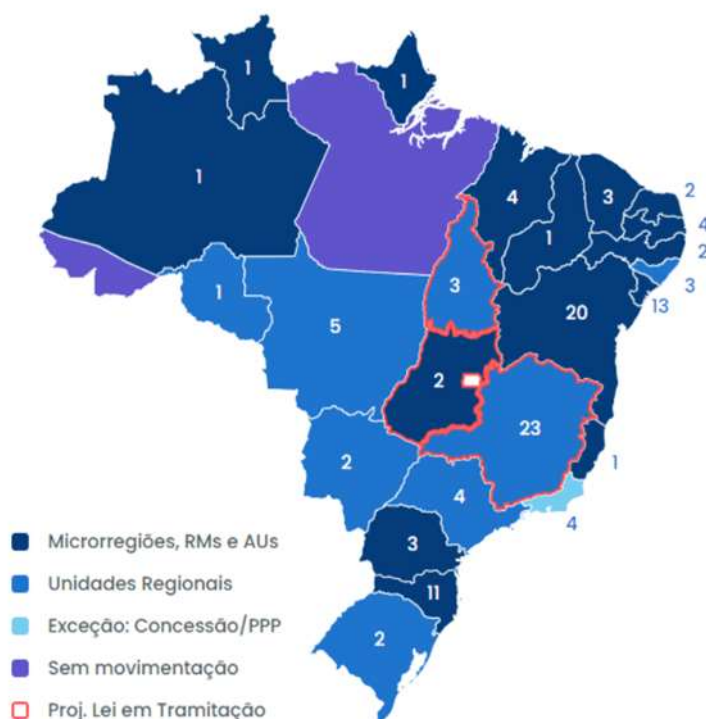
prorrogável até 1º de janeiro de 2040, se provado, a inviabilidade econômico-financeira da universalização até o ano de 2033 (Lei Nº 14.026).

3.6. REGIONALIZAÇÃO

A regionalização é um dos pontos novos apresentados no novo Marco Legal, trazendo mudanças significativas no sistema. Para conseguir a universalização do acesso a água e coleta de esgoto a regionalização pode ser importante na ampliação do setor, além de ser mais acessível a população (CRUZ, 2021).

Por se tratar de um método que todos os estados devem se adequar, a Lei prevê cinco tipos de arranjos para os estados se adequarem conforme as condições locais: o primeiro agrupamento ocorre entre regiões metropolitanas (RM), o segundo em aglomerações urbanas (AU), já o terceiro por microrregiões (MR), o quarto por unidades regionais e blocos de referências, sendo o quinto agrupamento referente aqueles municípios que não aderiram a regionalização, não tendo então prioridade na questão de recebimento de recursos. E ainda existe a exceção de concessão pública-privada (PPP).

Em acordo com o Instituto Água e Saneamento, dos 27 estados, apenas 2 não apresentam nenhuma movimentação sobre o assunto, sendo eles o Acre e o Pará. No Nordeste, foram criadas 52 regionalizações, apresentando o maior índice. No Norte do país, foram apenas 7 regionalizações e no Centro-oeste, 9. Para a região Sudeste, foram criadas 32 regionalizações e na região Sul um total de 16 (Instituto Água e Saneamento, 2023). As regiões de saneamento (Figura 1) são divididas da seguinte maneira: 4 no Maranhão, 1 no Piauí, 3 no Ceará, 2 no Rio Grande do Norte, 4 na Paraíba, 2 em Pernambuco, 3 em Alagoas, 13 em Sergipe, 20 na Bahia, 1 no Amazonas, Roraima, Rondônia e Amapá, 3 no Tocantins, 5 no Mato Grosso, 2 no Mato Grosso do Sul e Goiás, 23 em Minas Gerais, 1 no Espírito Santo, 4 no Rio de Janeiro e São Paulo, 3 no Paraná, 11 em Santa Catarina e 2 no Rio Grande do Sul.

Figura - Regionalização do saneamento por Estado.

Fonte: Instituto Água e Saneamento - Observatório do Marco Legal do Saneamento.

Além dos desafios já mencionados, as empresas de saneamento também se deparam com uma questão adicional relacionada aos investimentos em cidades de médio e pequeno porte. Nessas localidades, muitas vezes, a renda per capita é considerada baixa, o que impõe obstáculos significativos para a realização de investimentos em infraestrutura. A escassez de recursos financeiros disponíveis para os moradores dessas áreas torna-se um entrave adicional, limitando a capacidade das empresas de saneamento para implementar projetos e melhorias necessárias.

Essa realidade ressalta a necessidade de estratégias específicas e adaptadas para enfrentar os desafios de investimento nessas comunidades. É essencial buscar soluções criativas e viáveis, como parcerias público-privadas, captação de recursos externos e programas de financiamento acessíveis, a fim de garantir que as cidades de médio e pequeno porte também possam usufruir de serviços de saneamento básico adequados e de qualidade, o que a partir da regionalização, é possível utilizar os investimentos em consórcio entre municípios e aplicar nesses municípios de pequeno e médio porte (NETO; AIETA, 2020).

3.7. LICITAÇÕES

O novo Marco Legal incentiva a participação por meio de licitação das empresas do setor privado que também poderão participar na prestação de serviço de saneamento básico a partir de novos critérios para a validação dos contratos, apresentando como estratégia incentivo financeiro para parceria público-privada (Lei Nº 14.026).

Algumas empresas estaduais funcionam de forma eficiente no Brasil, pois o estado de São Paulo, atendido pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), tem a melhor taxa de atendimento com rede de água (96,6%) e rede de esgoto (92,2%) do País. Outro estado é o Paraná, atendido pela SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), que também apresenta bons índices, com 95,7% para o abastecimento de água e 75,5% para a rede de esgoto (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, 2021). O funcionamento das empresas, sendo privada ou estadual, depende da fiscalização para que seja realizado o que está descrito no contrato e as empresas cumpram sua finalidade, levando um serviço de qualidade a todos.

Conforme observado por Silva et al. (2020), a participação de empresas privadas em licitações pode contribuir significativamente para a eficiência e qualidade dos serviços prestados, resultando em benefícios tangíveis para os consumidores. A entrada de empresas privadas no mercado de saneamento pode promover uma maior competição e, conseqüentemente, incentivar a melhoria dos serviços oferecidos. Uma das vantagens da competição é a pressão exercida sobre os preços tarifários. Com mais empresas disputando as licitações, a tendência é que os preços sejam reduzidos devido à concorrência entre elas. Isso pode resultar em tarifas mais acessíveis para os consumidores, proporcionando-lhes um serviço essencial a um custo mais baixo.

3.8. UNIVERSALIZAÇÃO

Como a meta está estipulada na Lei atual, os novos contratos de licitação devem apresentar a capacidade de atingir a universalização. Essa meta deve ser observada com cautela, visto que a maioria dos dados apresentados para a população é de forma agrupada, o que pode aumentar os índices finais, retratando índices com divergência da realidade de municípios, com menor taxa de abrangência. Isso pode acontecer, por exemplo, com dados divulgados por uma companhia de serviços relacionados com abastecimento de água ou esgotamento sanitário quando a mesma atende grandes centros com alta taxa de cobertura e também municípios de menor porte com taxas reduzidas, ou ainda quando

apresentam um relatório de atendimento das taxas próximas do proposto pela lei, mas não de forma uniforme nos municípios contemplados no relatório.

A região Sudeste é a mais próxima de atingir a universalização no acesso de água e rede de esgoto, as regiões Centro-Oeste, Sul, Norte e Nordeste estão mais próximas de atingir a meta no abastecimento de água, mas em relação ao esgotamento sanitário essas regiões têm muito a evoluir, não apenas para a coleta de esgoto, mas principalmente para o tratamento. O conceito deve fazer com que os municípios evoluam juntos em busca da universalização devido ao fato que, se uma cidade dispõe em um corpo hídrico, o esgoto sanitário não tratado ou com baixa eficiência no tratamento, o abastecimento de água de um município vizinho que coleta a jusante nesse mesmo manancial, pode ser prejudicado por necessitar tratamentos mais complexos devido ao nível de poluição do curso hídrico em questão ou precise apresentar novos pontos de coleta de água, prejudicando, dessa forma, a meta da universalização, visto que processos mais elaborados geram maiores gastos, principalmente, em relação a tecnologia de tratamento de água que pode ser afetada (AYRIMORAES, 2022).

Segundo o Programa Nacional de Saneamento Rural, no ano de 2018, 72% das residências rurais eram atendidas pela rede de distribuição de água e 30% pela rede coletora ou fossa séptica de esgoto sanitário, a meta é que, até 2038, 96% da população da área rural seja abastecida pela rede de água e 76% pela rede de esgoto (Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019).

As áreas mais populosas, como as áreas urbanas, apresentam maiores taxas de cobertura devido a facilidade de encontrar soluções que atendem uma maior quantidade de pessoas (ROLAND et al., 2019). Já na área rural as companhias de saneamento têm grande dificuldade para realizar o tratamento de esgoto e abastecimento de água, porque em alguns locais tem registro de poucas famílias. Sendo assim, cada local deve ter um acompanhamento e estudo detalhado para que se aplique um sistema adequado de tratamento de esgoto e abastecimento de água.

Como o abastecimento de água é um direito humano, deve-se alcançar a universalização ao acesso, pois se esse princípio não for respeitado, ocorre impacto em áreas como o desenvolvimento econômico e social no Brasil (IRIGARAY, PES, 2022). Se a meta de universalização for atingida até 2033, a qualidade de vida aumentaria, já que existe uma relação direta entre o saneamento e a incidência de doenças.

A universalização do acesso ao saneamento básico, tanto nas áreas urbanas quanto rurais, desempenha um papel crucial na promoção da saúde pública e na redução dos índices de doenças infecciosas e parasitárias. Além disso, contribui significativamente para o desenvolvimento socioeconômico do país e para a melhoria da qualidade de vida e bem-estar da população. A disponibilidade de água potável e de sistemas adequados de tratamento de esgoto e resíduos sólidos é fundamental para prevenir a propagação de doenças transmitidas pela água e pelo contato com resíduos contaminados. Ao garantir o acesso universal a esses serviços básicos, reduz-se o risco de epidemias e surtos de doenças, promovendo assim a saúde e o bem-estar de milhões de pessoas.

Além disso, o saneamento básico adequado é um elemento essencial para o desenvolvimento socioeconômico sustentável de uma nação. Ao melhorar as condições de saúde da população, reduzem-se os gastos com tratamentos médicos e perda de produtividade devido a doenças, ao mesmo tempo em que se cria um ambiente propício para o crescimento econômico e o aumento da qualidade de vida. Portanto, investir na universalização do acesso ao saneamento básico não apenas beneficia diretamente a saúde e o bem-estar das pessoas, mas também representa um investimento no futuro do país, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a prosperidade de toda a sociedade.

3.9. LIMPEZA URBANA E MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Segundo o novo Marco Legal do saneamento básico, até dia 31 de dezembro de 2020, os municípios que tenham o plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos ou o plano intermunicipal de resíduos sólidos devem realizar a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos em aterros sanitários. Na ausência desses planos, os municípios devem respeitar outros prazos para se regularizar e dispor de forma adequada os resíduos (Lei Nº 14.026), contudo, destaca-se que o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) já é uma das exigências desde a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Decreto nº 7.212).

Segundo o Panorama da ABRELPE de 2022, 61% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) foram destinados de forma adequada em aterros sanitários, enquanto os outros 39% dos resíduos coletados tiveram sua disposição de forma inadequada (ABRELPE, 2022). A partir dessa legislação, é possível observar que o maior prazo para realizar a disposição final de forma adequada seria até agosto de 2024 para municípios sem planos e com população menor que 50.000 habitantes. Considerando que falta pouco

tempo para esse prazo expirar, a hipótese é de que muitos municípios não conseguirão se adequar quanto a exigência da disposição final dos rejeitos somente em aterros sanitários, até 2024.

Segundo especialistas da área, essas metas devem ser alteradas na busca por uma evolução gradativa, mas com resultados eficientes. Também se espera aumento nos investimentos visando a aceleração do processo, com a expectativa de que todos os municípios brasileiros consigam realizar a disposição final ambientalmente adequada de resíduos. Alguns dos problemas encontrados para o gerenciamento dos resíduos e, conseqüentemente, sua disposição final, tem relação com o baixo orçamento e o despreparo na gestão dos municípios (FERREIRA, 2022).

Em relação a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas é uma das vertentes do saneamento básico pouco explorada na Lei, sendo que, segundo dados do SNIS, 17% dos municípios não possuem sistemas de drenagem e 4% das residências apresentam risco de inundação (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, 2021).

Portanto, a Lei deveria ser mais abrangente em relação a essa questão, na busca por estipular metas e investimentos para minimizar possíveis problemas relacionados a drenagem, uma vez que todas as áreas do saneamento básico estão interligadas, e não é suficiente e nem eficaz a concentração de investimentos em áreas específicas, destaca-se que para a adequação de uma área do saneamento, as demais devem se desenvolver igualmente.

4. CONCLUSÕES

De acordo com a realidade brasileira em análise entre o antigo e o novo Marco Legal do Saneamento, além dos Decretos, em vigência até a presente publicação, foi possível notar alguns fatores que fogem da atual realidade do nosso país, além de metas audaciosas para se alcançar em um pequeno período de tempo e outras questões importantes que praticamente não foram abordadas nessa nova legislação.

Para atingir determinadas metas como a que diz respeito a universalização ao acesso de abastecimento de água e esgotamento sanitário, é necessário um grande investimento, tanto em valores, como de tempo para execução das obras, levando em consideração a data limite para atingir a meta, o que pode difícil de ser alcançada no prazo estipulado. Outra questão é em relação às áreas rurais, tema pouco abordado no novo Marco Legal e muito presente na realidade brasileira.

Em relação a licitação onde empresas privadas podem participar, pode ser um fator positivo na questão de concorrência, possibilitando uma maior concorrência, com possibilidade de preços

tarifários menores, porém deve ser realizada a fiscalização tanto nas empresas privadas que vencerem a licitação, quantos nas empresas estatais para que as metas sejam cumpridas, e todos os princípios sejam respeitados a fim de ofertar serviços de qualidade para toda população, urbana e rural, independente de classe e renda, de forma universal, equitativa e integrada.

O novo Marco Legal apresentou poucas diretrizes quanto às questões de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Esse fato demonstra uma falha no documento ao apresentar diretrizes com vertentes bastante distintas e não igualitária para as quatro áreas de saneamento básico. Em razão de ser um documento importante para o desenvolvimento do Brasil relacionado ao saneamento, deveria tratar as vertentes de forma igualitária, pois se não houver o investimento em todas as áreas de saneamento não será possível alcançar um saneamento básico eficiente, integrado e sustentável.

5. REFERÊNCIAS

- ABCON SINDCON. Regionalização no saneamento tem desafios regulatórios, econômicos e políticos.
- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. *Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais*.
- AYRIMORAES, S. R. (2022). Segurança hídrica e a prestação regionalizada dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 10 (1), 1-4. <https://doi.org/10.9771/gesta.v0i1.49949>
- Decreto nº 7.212 de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*
- Decreto nº 11.466, de 5 de abril de 2023. Regulamenta o art. 10-B da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*.
- Decreto nº 11.467, de 5 de abril de 2023. Dispõe sobre a prestação regionalizada dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*.
- CRUZ, R. M. A prestação regionalizada e a gestão associada dos serviços públicos de saneamento e a Lei nº 14.026/2020 – Novo Marco Legal do Saneamento Básico. (2021). Monografia (Especialização em Direito Administrativo), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CONDURÚ, M. T.; AALVES, T. da C. dos R.; FERREIRA, J. F. H.; PEREIRA, J. A. R. (2023). A importância dos sistemas de informação para o uso racional da água. In: *XVII Congreso Iberoamericano de sistemas de abastecimiento, saneamiento y riego*, Córdoba.
- FERREIRA, J. M. de J. dos S. Os Desafios para a Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e do Novo Marco Legal de Saneamento (Lei nº 14.026/2020): Um estudo de caso no Município de Tomé-Açu - Amazônia/Pará. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Federal Rural da Amazônia, Tomé-Açu-PA, 2022.
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde, Caderno de pesquisa de engenharia de saúde pública, 2004.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. São Paulo: Atlas, 2010.
- Instituto Água e Saneamento. A regionalização nos estados.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.
- Instituto Trata Brasil. Painel Saneamento Brasil.
- IRIGARAY, M. C.; PES, J. H. F. (2022). O desafio da universalização do direito de acesso à água: a necessária tutela administrativa efetiva de um direito fundamental social. *Revista Jurídica Luso-Brasileira*, 5, 1021-1039.
- Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*.

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Plano Nacional de Saneamento Básico, 2020, Brasília-DF.

Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, *Programa Nacional de Saneamento Rural*, 2019, Brasília-DF.

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, *Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento*, 2021, Brasília-DF.

NETO, J. P.; AIETA, V. S. (2020). Novo Marco Legal do saneamento básico – considerações iniciais sobre a possibilidade de prestação regionalizada dos serviços públicos e seus impactos em relação aos municípios de pequeno e médio porte. *Revista da Associação dos Antigos Alunos de Direito da UFRJ*, 1 (1), 2.

ONU. *Nações Unidas Brasil*, 2023. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

ONU. *Nações Unidas Brasil*, 2010. Resolução nº 64/292.

ROLAND, N.; Tribst, C. De C. L.; SENNA, D. A.; SANTOS, M. R. R. Dos; REZENDE, S. (2019). A ruralidade como condicionante da adoção de soluções de saneamento básico. *Revista DAE*, 67 (220). DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.053>

SILVA, V. B. S.; JUNIOR, W. R. R. G.; ARAÚJO, C. V. P. de; KÖLLING, G. J. (2020). Universalização do Saneamento Básico: os desafios regulatórios no Brasil. *Revista Brasileira de Políticas Públicas e Internacionais*, 5 (3), 180-203. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2525-5584.2020v5n3.51806>

SION, A. O. (2020). Necessidade de investimento em infraestrutura para universalização do saneamento básico no combate a pandemias: uma análise do enfrentamento à Covid-19 à luz do novo Marco Legal do saneamento básico. *Revista Ciências Jurídicas e Sociais – IURJ*, 1 (1), 111-141. <https://doi.org/10.47595/2675-634X.2020v1i1p111-141>

STF. Portal STF. Supremo Tribunal Federal, 2023. <https://portal.stf.jus.br/hotsites/agenda-2030/>

ENGENHARIA: A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME X



conhecimentolivres.org/home



contato@conhecimentolivres.org



[editoraconhecimentolivres](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivres)