



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia
de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) NA
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA REDE DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO DE CIDADES PERNAMBUCANAS**

**APPLICATION OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) IN
THE EFFICIENCY EVALUATION OF THE SEWAGE NETWORK
OF CITIES IN PERNAMBUCO**

**APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE ENVOLVENCIA DE DATOS
(DEA) EN LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA RED DE
ALCANTARILLADO DE LAS CIUDADES DE PERNAMBUCO**

Mário Gabriel Dos Santos Silva

mario.silva@discente.univasf.edu.br

Iury Emanuel Silva de Carvalho

iury.emanuel@discente.univasf.edu.br

Fabiana Gomes dos Passos

fabiana.passos@univasf.edu.br

Resumo

O Brasil enfrenta um déficit estrutural no esgotamento sanitário. Diante dessas escassezes de recursos, a gestão eficiente dos serviços torna-se essencial. Este trabalho analisou a eficiência dos serviços de esgotamento sanitário em 41 municípios de Pernambuco. Este utilizou a Análise Envoltória de Dados (DEA) aplicando o modelo clássico (BCC) orientando a input, mas também os métodos da Fronteira Invertida, Eficiência Composta e o modelo BCC-Não Arquimediano (BCCNA), para evitar a "pseudo-eficiência". Os dados (SNIS, 2022) foram modelados com dois inputs (Extensão da rede, Despesa com



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

peçoal) e três outputs (População atendida, Volume tratado, Receita operacional). A primeira análise apontou 3 DMUs eficientes, mas as análises subsequentes revelaram inconsistências. O modelo BCC-NA, mais restritivo, apontou apenas uma DMU (Lagoa Grande) como verdadeiramente eficiente. Este resultado é validado pelo fato de o município possuir 100% de cobertura de esgoto, alinhando a eficiência matemática com a eficácia do serviço público. Conclui-se que a análise foi essencial para identificar corretamente os “benchmark”.

Palavras-chave: Eficiência, DEA, Esgotamento sanitário, Modelo BCC.

Abstract

Brazil faces a structural deficit without sanitation services. Given this scarcity of resources, efficient service management becomes essential. This study analyzed the relative efficiency of sanitation services in 41 municipalities in Pernambuco. It used Data Envelopment Analysis (DEA) applying classical model (BCC), but also the Inverted Frontier, Composite Efficiency, and the BCC-Non-Archimedean (BCCNA) methods to avoid "pseudo-efficiency." The data (SNIS, 2022) were modeled with two inputs (Network Length, Personnel Expenses) and three outputs (Population Served, Volume Treated, Operating Revenue). The initial analysis identified three efficient DMUs, but subsequent analyses revealed inconsistencies. The more restrictive BCC-NA model revealed only one DMU (Lagoa Grande) as truly efficient. This result is validated by the fact that the municipality has 100% sewage coverage, aligning mathematical efficiency with the effectiveness of the public service. It can be concluded that the analysis was essential to correctly identify the benchmark.

Keywords: Efficiency, DEA, Sanitation, BCC Model.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Resumen

Brasil enfrenta un déficit estructural en saneamiento. Dada esta escasez de recursos, la gestión eficiente del servicio se vuelve esencial. Este estudio analizó la eficiencia relativa de los servicios de saneamiento en 41 municipios de Pernambuco. Se empleó el Análisis Envolvente de Datos (ADE) aplicando modelos clásicos (BCC/CCR), así como los métodos de Frontera Invertida, Eficiencia Compuesta y BCC-No Arquímedes (BCCNA) para evitar la pseudoeficiencia. Los datos (SNIS, 2022) se modelaron con dos entradas (longitud de la red, gasto de personal) y tres salidas (población atendida, volumen tratado e ingresos operativos). El análisis inicial identificó tres unidades de tratamiento de aguas residuales (DMU) eficientes, pero análisis posteriores revelaron inconsistencias. El modelo BCC-NA, más restrictivo, identificó solo una DMU (Lagoa Grande) como verdaderamente eficiente. Este resultado se ve validado por el hecho de que el municipio cuenta con una cobertura de alcantarillado del 100%, lo que alinea la eficiencia matemática con la efectividad del servicio público. Se puede concluir que el análisis fue esencial para identificar correctamente los puntos de referencia.

Palabras clave: Eficiencia, DEA, Saneamiento, Modelo BCC.

1. INTRODUÇÃO

O acesso ao saneamento básico é globalmente reconhecido como um direito humano. Este princípio está formalizado na Agenda 2030, da qual o Brasil é participante ativo, que por meio do Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente a ODS 6 que visa assegurar a gestão sustentável da água e do saneamento para todos (ONU, 2015). No contexto nacional brasileiro, este compromisso é reforçado pelo Artigo 23 da Constituição Federal e pelas diretrizes da Lei do Saneamento Básico (Lei 11.445/2007), que estabelecem a responsabilidade compartilhada das entidades federativas na provisão destes serviços essenciais (Sarlet, 2018).

Contudo, a distância entre a realidade brasileira e o ideal é preocupante. Dados do Instituto Trata Brasil (2021) mostram que o país possui um déficit estrutural profundo,



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

com cerca de 100 milhões de pessoas sem acesso à coleta de esgoto e quase 35 milhões sem água tratada. Fica evidente, portanto, que a universalização dos serviços avança em um ritmo insuficiente para cumprir as metas estabelecidas.

Diante do desafio de superar essas problemáticas em um contexto de restrições, a otimização dos recursos existentes surge como estratégia indispensável. A questão central desloca-se da simples alocação de investimentos para a eficiência com que os prestadores de serviço operam.

Para realizar essa avaliação, utilizou-se a ferramenta Análise Envoltória de Dados (DEA). Trata-se de uma técnica de programação matemática não paramétrica utilizada para medir a eficiência relativa de um conjunto de unidades tomadoras de decisão (DMUs) que utilizam múltiplos insumos (inputs) para gerar múltiplos produtos (outputs) (Souza; Silva; Gomes, 2017).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Marco legal do saneamento e seus desafios

De acordo com Massa (2020) o saneamento básico pode ser definido como o controle dos fatores do meio físico que possui potencial de exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. No Brasil, o setor é regido pela Lei n.º 11.445/2007 (Lei das Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico), que foi substancialmente atualizada em 2020 pelo novo Marco Legal (Lei n.º 14.026/2020).

A busca pela eficiência é um desafio a ser superado para a gestão de operações e de serviços públicos. O estudo de Britto e Bessa (2012) identifica como possíveis causas para estes desafios na gestão pública a fragmentação das políticas públicas e a falta de uniformização na regulação. Somado a isso, a Emenda Constitucional n.º 95/2016 (BRASIL, 2016) impôs limites para o gasto público por 20 anos, levando a cortes nos recursos para áreas sociais, incluindo a de saneamento básico.

Este desafio fica evidente em Pernambuco, objeto deste estudo. No estado, a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) atende a maioria dos 185 municípios. A



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

cobertura média de esgotamento sanitário é de apenas 38,4%, com a capital Recife atingindo 63%. Municípios do interior, como Garanhuns e Serra Talhada, apresentam coberturas de esgoto abaixo de 30%, o que mostra a profunda desigualdade regional e a necessidade de melhorias na infraestrutura de saneamento.

2.2 Definição de Eficiência

Nesse cenário, a eficiência procura avaliar a relação entre recursos empregados e os resultados produzidos por uma DMU. Esse conceito pode ser dividido em duas componentes principais: a eficiência técnica e a eficiência de escala.

A eficiência técnica busca avaliar a máxima produção possível a partir de um conjunto de insumos e da tecnologia disponível. Já a eficiência de escala examina se a unidade de decisão neste caso, os municípios estão operando em seu tamanho ideal, pois operar em uma escala não-ótima pode resultar em custos adicionais (PASSOS; FONTES; NASCIMENTO, 2020).

2.3 Análise Envoltória de Dados (DEA)

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é a principal metodologia utilizada para medir a eficiência proposta por Farrell. A escolha da metodologia DEA para este estudo se justifica por sua capacidade em analisar serviços públicos complexos como o caso do esgotamento sanitário. A técnica é capaz de trabalhar simultaneamente com múltiplos inputs e outputs sem a necessidade prévia de definição de pesos, além de focar na identificação de benchmarks (FERREIRA, 2025).

Essa técnica possui duas principais construções de modelos, sendo o CCR, proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), que trabalha com a pressuposto de retornos constantes de escala (CRS) para avaliar a eficiência global, e o BCC, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper, que aborda os retornos variáveis de escala (VRS). O modelo BCC é mais flexível ao comparar a produtividade de uma unidade apenas com outras de porte similar, permitindo isolar a eficiência técnica pura (SOUZA et al., 2011).



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Em análises de serviços públicos, a abordagem e sua orientação a input são mais comuns, pois o gestor tem maior controle sobre os recursos que emprega do que sobre a demanda pelo serviço (FERREIRA, 2025). O objetivo é, portanto, avaliar a possibilidade de se obter a mesma produtividade com menos recursos aplicados (SOUZA et al., 2011). A aplicação conjunta dos modelos CCR e BCC permite, finalmente, a decomposição da eficiência. A partir da razão entre os escores de eficiência global (CCR) e eficiência técnica pura (BCC), calcula-se a Eficiência de Escala (EE), que indica se o município opera em sua escala ótima (SATO, 2018).

3. MÉTODO

Esta pesquisa de natureza descritiva e quantitativa (GIL, 2008), avalia a eficiência dos serviços de esgotamento sanitário via Análise Envoltória de Dados. Esta amostra, extraída do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), com ano-base de 2022. Dos 185 municípios de Pernambuco, a amostra final foi composta por 41 DMUs, após um tratamento que removeu municípios com dados nulos. As variáveis foram normalizadas pela divisão pelo valor máximo de cada coluna para reduzir os efeitos de diferentes ordens de grandeza. O modelo de eficiência foi estruturado com três inputs: a extensão da rede de esgoto do município, o custo operacional e a Receita operacional direta de esgoto e um output: a população atendida com esgoto. A relação isotônica entre as variáveis se deu validada pela correlação de Spearman, e a "regra de ouro", proposta por Golany e Roll (1989), também foi satisfeita. Esta regra estabelece que o número de DMUs (n) deve ser, no mínimo, $n \geq \max [3 \times (I+O), I \times O]$, onde I é o número de inputs e O o número de outputs., visto que o número de DMUs ($N=41$) é superior ao recomendado ($41 \geq 3 \times (3+1)$). Adotou-se a orientação a input, buscando entender como esses recursos poderiam ser minimizados sem comprometer os outputs. Para isso, foi utilizado o modelo BCC orientado a input, fronteira invertida e eficiência composta e BCC-Não Arquimediano.

Os cálculos foram realizados no Microsoft Excel 2021, utilizando o Solver e comandos no VBA, o que permitiu classificar os municípios e identificar seus benchmarks.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foi aplicado o método clássico do DEA (BCC) orientado a input, onde, das 41 DMU's, 3 obtiveram o resultado de 100% de eficiência, correspondente a Camaragibe, Granito e Lagoa Grande, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da aplicação da DEA BCC orientado a input

Nº da DMU	DMU's	Eficiência	Nº da DMU	DMU's	Eficiência
1	Abreu e Lima	56%	21	Lagoa Grande	100%
2	Afogados da Ingazeira	43%	22	Moreno	54%
3	Araripina	65%	23	Nazaré da Mata	33%
4	Arcoverde	81%	24	Olinda	67%
5	Barreiros	45%	25	Parnamirim	45%
6	Belém do São Francisco	42%	26	Paulista	53%
7	Cabo de Santo Agostinho	27%	27	Petrolina	90%
8	Camaragibe	100%	28	Recife	82%
9	Caruaru	51%	29	Rio Formoso	67%
10	Dormentes	76%	30	Salgueiro	46%
11	Fernando de Noronha	11%	31	Santa Maria da Boa Vista	83%
12	Garanhuns	30%	32	São João	0%
13	Goiana	89%	33	São Lourenço da Mata	80%
14	Granito	100%	34	Sirinhaém	43%
15	Gravatá	34%	35	Surubim	17%
16	Igarassu	45%	36	Tacaimbó	38%
17	Ipojuca	36%	37	Tacaratu	5%
18	Ipubi	30%	38	Tamandaré	56%
19	Itapetim	44%	39	Trindade	58%
20	Jaboatão dos Guararapes	76%	40	Venturosa	45%
			41	Vitória de Santo Antão	46%

Autoria própria

Aplicando o método da fronteira invertida e logo depois a eficiência comporta, a fim de verificar quais DMU's obtiveram resultados ineficientes em razão dos inputs utilizados, apenas uma das 3DMU's eficientes encontradas pelo modelo clássico, Camaragibe, Granito e Lagoa Grande, demonstrou-se eficiência, a cidade de Camaragibe (Passos, 2020). Ou seja, por esse viés, conclui-se que a cidade utilizou mais recursos para a obtenção de níveis altos da população atendida com esgotamento sanitário, os resultados estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultado da eficiência composta

Nº da DMU	DMU's	Eficiência	Nº da DMU	DMU's	Eficiência
14	Granito	100,00%	34	Sirinhaém	53,18%
21	Lagoa Grande	97,65%	8	<u>Camaragibe</u>	51,39%
31	Santa Maria da Boa Vista	88,20%	32	São João	51,39%
13	Goiana	87,76%	4	Arcoverde	48,97%
10	Dormentes	84,80%	18	Ipubi	46,39%
39	Trindade	73,76%	30	Salgueiro	44,65%
33	São Lourenço da Mata	73,43%	24	Olinda	44,13%
3	Araripina	70,74%	41	Vitória de Santo Antão	42,53%
27	Petrolina	66,59%	28	Recife	42,07%
25	Parnamirim	66,00%	17	Ipojuca	41,21%
22	Moreno	64,53%	23	Nazaré da Mata	40,82%
29	Rio Formoso	64,49%	2	Afogados da Ingazeira	35,99%
1	Abreu e Lima	64,21%	15	Gravatá	31,22%
6	Belém do São Francisco	63,23%	26	Paulista	29,96%
40	Venturosa	62,94%	9	Caruaru	25,99%
38	Tamandaré	62,15%	16	Igarassu	23,35%
5	Barreiros	61,07%	12	Garanhuns	19,69%
19	Itapetim	61,02%	7	Cabo de Santo Agostinho	13,75%

36	Tacaimbó	60,04%	35	Surubim	8,98%
20	Jaboatão dos Guararapes	56,76%	11	Fernando de Noronha	5,47%
			37	Tacaratu	2,77%

Autoria própria

Além disso, a fim de evitar pesos nulos que geram DMU's falsos eficientes, utilizou-se o modelo BCC-Não Arquimediano (BCCNA) que restringe os multiplicadores a um elemento infinitesimal ótimo (ϵ) (SAMPAIO, L; IGNACIO, A; OLIVEIRA, M, 2009). O resultado desse modelo foi um $\epsilon = 0,318436626$ e apenas uma DMU eficiente, a cidade de Lagoa Grande. Como no modelo clássico BCC input e na eficiência composta, a DMU de Lagoa Grande também se mostrou eficiente, obtendo resultados de 100% e 97,65%, respectivamente. Validando dessa forma a análise do SNIS, no qual mostra que a cidade de Lagoa Grande possui 100% da sua população atendida com esgotamento sanitário, na Tabela 3 foram mostrados os resultados.

Tabela 3 – Resultado do modelo BCC-Não Arquimediano (BCCNA)

Nº da DMU	DMU's	Eficiência	Nº da DMU	DMU's	Eficiência
1	Abreu e Lima	55%	21	<u>Lagoa Grande</u>	<u>100%</u>
2	Afogados da Ingazeira	39%	22	Moreno	53%
3	Araripina	64%	23	Nazaré da Mata	33%
4	Arcoverde	0%	24	Olinda	65%
5	Barreiros	45%	25	Parnamirim	45%
6	Belém do São Francisco	41%	26	Paulista	51%
7	Cabo de Santo Agostinho	27%	27	Petrolina	86%
8	Camaragibe	0%	28	Recife	32%
9	Caruaru	48%	29	Rio Formoso	62%
10	Dormentes	76%	30	Salgueiro	46%
11	Fernando de Noronha	11%	31	Santa Maria da Boa Vista	81%
12	Garanhuns	30%	32	São João	0%
13	Goiana	89%	33	São Lourenço da Mata	80%

14	Granito	99%	34	Sirinhaém	43%
15	Gravatá	33%	35	Surubim	17%
16	Igarassu	0%	36	Tacaimbó	38%
17	Ipojuca	36%	37	Tacaratu	5%
18	Ipubi	30%	38	Tamandaré	56%
19	Itapetim	44%	39	Trindade	57%
20	Jaboatão dos Guararapes	73%	40	Venturosa	45%
			41	Vitória de Santo Antão	45%

Tabela 3 - DEA BCCNA

Por fim, para obter uma solução ajustada e equivalente, na Tabela 4 mostra-se o ranking de DMU's da nova aplicação do modelo da fronteira invertida e eficiência composta aplicada ao modelo BCCNA, chegando a um resultado similar ao encontrado no modelo BCC input. Obteve-se também que a DMU de Granito como a única eficiente e a DMU de Lagoa Grande que obteve um resultado de 97,94%, 0,29 pontos percentuais de diferença entre os dois modelos. Outro ponto importante é que a DMU de Camaragibe, que no modelo clássico teve uma DMU de 100%, no modelo BCCNA teve uma eficiência de 0,06% e uma eficiência composta de 0,03%, o que demonstra a clara diferença entre as metodologias.

Nº da DMU	DMU's	Eficiência	Nº da DMU	DMU's	Eficiência
14	Granito	100,00%	34	Sirinhaém	53,33%
21	Lagoa Grande	97,94%	32	São João	51,54%
31	Santa Maria da Boa Vista	87,75%	18	Ipubi	46,50%
13	Goiana	87,73%	30	Salgueiro	44,70%
10	Dormentes	84,79%	24	Olinda	42,94%
39	Trindade	73,50%	41	Vitória de Santo Antão	42,52%
33	São Lourenço da Mata	73,42%	17	Ipojuca	41,29%
3	Araripina	70,79%	23	Nazaré da Mata	40,92%
25	Parnamirim	66,19%	2	Afogados da	33,91%

				Ingazeira	
22	Moreno	64,67%	15	Gravatá	30,83%
27	Petrolina	64,43%	26	Paulista	29,17%
1	Abreu e Lima	64,24%	9	Caruaru	24,75%
40	Venturosa	63,11%	12	Garanhuns	19,73%
6	Belém do São Francisco	63,07%	28	Recife	16,41%
38	Tamandaré	62,10%	7	Cabo de Santo Agostinho	13,75%
29	Rio Formoso	61,98%	35	Surubim	8,99%
5	Barreiros	61,20%	4	Arcoverde	7,45%
19	Itapetim	61,20%	11	Fernando de Noronha	5,44%
36	Tacaimbó	60,21%	37	Tacaratu	2,76%
20	Jaboatão dos Guararapes	55,65%	16	Igarassu	0,11%
			8	Camaragibe	0,03%

Tabela 4 - Ranking de DMU's do modelo BCCNA

Sato (2011) realizou um estudo similar ao proposto neste trabalho avaliando a eficiência de todas as capitais brasileiras no setor de saneamento, onde, a análise demonstrou que as capitais que obtinham os piores resultados encontram-se na região Nordeste, demonstrando a clara negligência e descaso dos órgãos governamentais na resolutividade dessa problemática.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve como foco apresentar um comparativo entre diferentes metodologias de Análise Envoltória de Dados (DEA) e demonstrar sua aplicação prática a dados reais dos serviços de esgotamento sanitário em municípios de Pernambuco. Por meio da utilização dos modelos BCC, fronteira invertida e BCC-Não Arquimediano, foi possível evidenciar as diferenças nos resultados gerados e a influência da escolha do modelo na identificação das unidades eficientes.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

A aplicação da metodologia DEA permitiu identificar Lagoa Grande e Granito como os municípios mais eficientes, embora a alta eficiência técnica não represente necessariamente ampla cobertura populacional, refletindo mais a boa gestão dos recursos disponíveis.

Como limitações, este estudo se baseia em dados de um único ano (2022), oferecendo uma análise pontual da eficiência em um dado período, sem capturar sua evolução ao longo do tempo. Além disso, a amostra final foi restrita a 41 dos 185 municípios do estado, devido à indisponibilidade de dados completos para todos.

Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação desta análise (com BCC-NA e Eficiência Composta) em uma análise de painel, utilizando uma série histórica de dados do SNIS.

REFERÊNCIAS

ADLER, N.; YAZHEMSKY, E. Improving discrimination in data envelopment analysis: A diagonal-hyperplane approach. **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 1, p. 273-284, 2010.

BANKER, R. D. et al. An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses. **Research in governmental and non-profit accounting**, New York, v. 5. p. 125-163. 1989.

BRASIL. Lei n.º 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020a.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

FERREIRA, B. G. **ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS UTILIZANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**. 2025. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MASSA, K. He. C.; CHIAVEGATTO FILHO, A. D. P. Saneamento básico e saúde autoavaliada nas capitais brasileiras: uma análise multinível. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [S. l.], v. 23, p. e200050, 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015.

PASSOS, F.G. DOS; FONTES, C.H.O.; NASCIMENTO, A.N. DO. **Avaliação da eficiência de uma empresa exportadora de manga do Vale do São Francisco: um modelo em Análise Envoltória de Dados**. *Custos e @gronegócio on line*, v. 16, n. esp., nov. 2020.

PEREIRA JÚNIOR, J.S. **Aplicabilidade da lei nº 11.445/2007 – diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2008. Disponível em: <http://www.daaerioclaro.sp.gov.br/arquivos/regulacao/04-A-aplicacao-da-Lei-deSaneamento-2.pdf>. Acesso em: 8 out. 2025.

SAMPAIO, L. M. D., IGNACIO, A. A. V., OLIVEIRA, M. J. F. **Análise econômico-financeira das operadoras de saúde suplementar através da DEA – Não Arquimediano**. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL – SBPO**, 42., 2010, Bento Gonçalves. *Anais*. Bento Gonçalves: SOBRAPO, 2010. Disponível em: <https://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2010/pdf/72643.pdf>. Acesso em: 18 out. 2025.

SARLET, I. W. **Direito socioambiental**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

SATO, J. M. **Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) no estudo de eficiência do setor de saneamento.** 2011. Dissertação do Mestrado em Economia Regional – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Economia Regional, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2022. Brasília: MCidades. SNSA, 2024.

SOUZA, G. S. E.; SOUZA, R. M.; GOMES, E. G.; ALVES, J. M. Análise envoltória de dados no auxílio à tomada de decisão gerencial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 43., 2011, Ubatuba. **Anais...** Ubatuba: SBPO, 2011.

TRATA BRASIL. **Dia Nacional da Saúde: Acesso digno ao saneamento básico é essencial para melhoria da saúde.** Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/dia-nacional-da-saude-acesso-digno-ao-saneamento-basico-e-essencial-para-melhoria-da-saude/>. Acesso em 10 out. 2025