

**II-556 – ÍNDICE DE ANÁLISE CRÍTICA OPERACIONAL COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO ESTADO DO CEARÁ**

**Jane Mary Targino Moreira<sup>(1)</sup>**

Tecnóloga em Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental (Centec). Pós-graduação em Auditoria e Perícia Ambiental (Fafire) e em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos (IFCE). Técnica Operacional da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece).

**Ruam Magalhães da Silva<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Saneamento pela Universidade Federal do Ceará (DEHA/UFC). Engenheiro de Controle Operacional da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece).

**César Augusto Chaves e Sousa Filho<sup>(3)</sup>**

Engenheiro de Produção Mecânica pela Universidade do Ceará. Mestre em Logística e Pesquisa Operacional (GESLOG/UFC). Engenheiro I (Cagece).

**Ana Paula da Silva Ribeiro Nunes<sup>(4)</sup>**

Graduada em Administradora de empresas (IESF). MBA em gestão estratégica de pessoas (Centro Univ. Estácio). Técnico em Meio Ambiente – Cursando (Senac). Técnica em Saneamento (Cagece).

**Adayla Suellen Gonçalves Rocha<sup>(5)</sup>**

Técnica em Meio Ambiente pelo Centro de Estudo e Pesquisa em Eletrônica Profissional e Informática Ltda. Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário UniFanor Wyden. Técnica Administrativo Operacional da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Lauro Vieira Chaves, 1030 – Vila União - Fortaleza - CE - CEP: 60422-901 - Brasil - Tel: (85) 3101-5615 – e-mail: [jane.moreira@cagece.com.br](mailto:jane.moreira@cagece.com.br)

**RESUMO**

A eficiência de uma estação de tratamento de esgoto depende, dentre outras coisas, de sua operação, e não se obtém bom desempenho sem um monitoramento e controle operacional das atividades. Nesse sentido, a Companhia de Água e Esgoto do Ceará iniciou em 2017 a implantação do Controle Operacional de Esgoto (COE), um modelo de gestão da operação dos sistemas de esgotamento sanitário baseado no cadastro das estações, registro de dados da operação conforme procedimentos padronizados e geração do Índice de Análise Crítica Operacional (IACO), um indicador que visa avaliar o desempenho da operação das estações através de análises críticas mensais dos dados de campo. Este indicador pode subsidiar no planejamento de produtos químicos e equipamentos, projetos de melhoria e acompanhamento da qualidade do efluente. Assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar a implantação e evolução de um indicador de desempenho operacional dos sistemas de esgotamento da Cagece entre os anos de 2017 e 2022. O controle dos procedimentos realizados nas estações foi feito através do registro dos procedimentos operacionais em fichas que, posteriormente, foram transferidos para um sistema do tipo *Enterprise Resource Planning* (ERP). A análise dos dados foi mensal e considerou três fases: Coleta, Processamento e Armazenamento das informações. Cada uma dessas fases foi analisada segundo critérios específicos e uma lógica de despontuação de não-conformidades, onde os sistemas analisados começaram com índice 100% e foram despontuados a cada não-conformidade identificada. O processo de implantação do IACO ocorreu de forma gradativa e focado inicialmente nos sistemas com lagoas de estabilização. Nos anos iniciais houve dificuldades com relação ao preenchimento correto das fichas, ao atendimento aos prazos de alimentação do sistema ERP e à ausência de justificativas. Superadas as dificuldades, o controle operacional foi implantado em 258 estações elevatórias e 108 estações de tratamento ao longo dos seis anos. As médias baixas no IACO no início do processo evidenciaram as falhas operacionais da companhia e principalmente a falta de uma cultura de execução e registro de procedimentos padronizados em campo. Com a consolidação do controle, os principais problemas operacionais foram corretamente identificados pelo indicador e posteriormente sanados. Isso foi traduzido em aumento das pontuações dos sistemas de esgotamento e melhorias na infraestrutura das estações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle Operacional, Indicador, Estação de Tratamento, Crítica Operacional.

## INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes ocorre através de processos físicos, químicos e biológicos em equipamentos instalados nas estações de tratamento que visam a remoção dos poluentes presentes no esgoto e geralmente necessitam de uma mínima operação, como limpezas, desobstruções, descargas, etc (JORDÃO; PESSOA, 2017).

Em verdade, a eficiência de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) depende fundamentalmente, dentre outras coisas, de sua operação, e não se obtém bom desempenho operacional sem um monitoramento e controle operacional das atividades (CAGECE; FUNPEC, 2005). Para conseguir monitorar os procedimentos operacionais é preciso treinar o operador e demais envolvidos, medir, registrar as informações da operação e analisar os dados mensalmente, implantando assim um controle das atividades nas estações elevatórias (EEE) e de tratamento (FILHO *et al.*, 2021).

Nesse sentido, a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece) iniciou em 2017 a implantação do Controle Operacional de Esgoto (COE), um modelo de gestão da operação dos sistemas de esgotamento sanitário (SES) baseado em instrumentos de registro de dados e informações, controle de tarefas, instruções de procedimento e transmissão de informações, concebidos e elaborados em função dos tipos básicos de ETes utilizadas no Estado (CAGECE; FUNPEC, 2005; CAGECE, 2022).

O Índice de Análise Crítica Operacional (IACO) é um indicador mensal resultante do COE, que visa avaliar o desempenho da operação das elevatórias e estações de tratamento através de análises críticas mensais dos dados oriundos da operação em campo e em determinado período (CAGECE, 2022). O resultado do IACO é uma nota atribuída a um determinado sistema de esgotamento ou a um grupo de sistemas da mesma bacia hidrográfica, em função do seu desempenho operacional. Essa nota é gerada atribuindo-se uma pontuação para cada procedimento não executado ou executado com inconsistência, cujo resultado reflete como foi a operação daquele SES no mês, onde quanto pior tenha sido a operação menor será sua nota (CAGECE, 2022).

Este indicador pode subsidiar no planejamento de aquisição de produtos químicos e equipamentos, na geração de relatórios, na elaboração de projetos de melhoria e no acompanhamento das demandas da qualidade do esgoto das estações. Desta forma, o IACO apresenta-se como uma ferramenta de gestão direta e de rápido acesso ao conhecimento dos problemas estruturais e operacionais específicos de cada estação, para que os gestores possam tomar conhecimento e realizar as intervenções necessárias para melhorar o desempenho do sistema (FILHO *et al.*, 2021).

## OBJETIVOS

Apresentar a implantação e evolução de um indicador de desempenho operacional das estações elevatórias e de tratamento de esgoto da Companhia de Água e Esgoto do Ceará entre os anos de 2017 e 2022.

## METODOLOGIA UTILIZADA

Em relação a abordagem, o presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa do tipo qualitativa e quantitativa. A análise do tipo qualitativa foi utilizada para fornecer uma visão do processo de implantação do controle operacional dos SES, bem como fornecer um panorama da situação atual de implantação desta ferramenta. A análise do tipo quantitativa foi utilizada para comprovar a evolução e eficácia da ferramenta por meio da estatística descritiva dos valores do IACO.

A coleta de dados para este estudo abrangeu o período de janeiro de 2017 a setembro de 2022. Ao todo foram envolvidas 258 estações elevatórias e 108 estações de tratamento de esgoto das mais diversas tecnologias: lagoas de estabilização e suas variantes, reatores UASB seguidos de cloração e reatores UASB seguidos de pós-tratamento aerado (reator aeróbio ou filtro submerso aerado) ou pós-tratamento anaeróbio (filtro anaeróbio).

Para a realização deste trabalho foram utilizados documentos como Normas Internas, Formulários, Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e Instruções de Trabalho (IT) utilizadas no controle operacional dos sistemas de esgotamento da Cagece. Todos os documentos são acessíveis através de sistemas dedicados à

gestão e controle de documentos da companhia. O controle dos procedimentos realizados nas estações foi feito através do registro dos procedimentos operacionais em fichas que, posteriormente, foram transferidos para um sistema do tipo *Enterprise Resource Planning* (ERP) ou Planejamento de Recursos Empresariais, em tradução livre.

A análise do Controle Operacional de Esgoto se deu através do indicador IACO, que buscou verificar a realização dos procedimentos necessários ao tratamento de esgoto e garantir a sua acuracidade, visando a adequação do efluente aos padrões exigidos pela legislação ambiental. A análise foi mensal e considerou três fases: Coleta, Processamento e Armazenamento dos dados. Cada uma dessas fases foi analisada segundo critérios específicos e uma lógica de despontuação de não-conformidades, onde os SES analisados começaram com índice 100% e foram despontuados a cada não-conformidade identificada.

Quanto a Coleta dos dados, foram analisados três critérios: se a ficha de registro estava em branco, indicando que nenhum procedimento foi realizado naquela fase do tratamento; se existiam campos vazios, indicando que algum procedimento daquela fase não foi realizado; e se foi atendido o prazo de digitação para que não houvesse atrasos no processo. Quanto ao Processamento dos dados, foram analisados também três critérios: se existiam digitações incoerentes, indicando possíveis erros nos procedimentos ou defeitos nos equipamentos; se os indicadores não foram calculados ou foram calculados fora do prazo determinado pelo calendário; e se os indicadores com resultado fora dos limites esperados encontravam-se sem justificativas ou com justificativas incoerentes, indicando falha no diagnóstico dos problemas. Quanto ao Armazenamento dos dados, foi avaliado apenas um critério, não atendimento ao prazo de finalização da análise crítica, para que não houvesse atrasos no processo final.

O processo de análise crítica consistiu na verificação dos critérios citados anteriormente e, quando cabível, na correção dos dados inconsistentes. A Tabela 01 a seguir sumariza os critérios de despontuação:

**Tabela 01: Critérios de despontuação da análise crítica do IACO**

Dado	Descrição	Análise	Conceito	Peso
Coletado	Relação entre o número de sistemas e a nota alcançada pela inserção dos dados no sistema de controle operacional dentro do prazo.	Ficha de Registro em Branco	Não há registro de realização de nenhum dos procedimentos descritos na ficha. Ex: Ficha totalmente em branco. Limpeza do gradeamento, da caixa de areia ou retirada de sobrenadante com informações, porém com dados que não indiquem a realização do procedimento, como volume zerado.	4
		Não atendimento ao prazo de digitação das fichas de registro	Não atendimento ao prazo de digitação dos dados conforme estabelecido no Calendário de Prazos da Crítica Operacional	1,5
		Existência de campos vazios nas Fichas	Ausência de digitação de apontamentos nas Unidades operacionais respectivas e ausência de ocorrências.	2
Processado	Relação entre o número de sistemas e a nota alcançada na avaliação dos dados criticados.	Digitação de valor Incoerente	Apontamentos de valores incoerentes as suas respectivas faixas de medição. Ex. 25 horas, voltagem de 50V.	2,5
		Indicadores não calculados	A não geração de indicadores para alguma das estações do sistema.	2
		Não justificativa de indicadores fora da faixa de aceitabilidade ou incoerência das justificativas	Ausência de justificativas dos indicadores quando estiverem fora da faixa estabelecida e ou solicitada pelos analistas da Gdope. O registro de justificativas que não exponham o ocorrido para o dado fora da faixa também não é aceito.	2
Armazenado	Relação entre o número de sistemas e a nota alcançada pela disponibilização dos dados validados no sistema de controle operacional dentro do prazo.	Não atendimento do prazo das críticas no COE pela Gdope	Descumprimento do prazo de disponibilização dos dados constantes no COE para os Clientes Internos e externos da Companhia	1

Ao final da análise crítica dos dados, foi verificada a nota de cada sistema de esgotamento individualmente e em seguida foi calculado o IACO geral da companhia por meio da Equação 01.

$$IACO = 10 \times \frac{(D_{coletados} + D_{processados} + D_{armazenados})}{Qtde_{coletados}}$$

Equação (1)

Onde:

$D_{coletados}$ : total de pontos obtidos no critério da coleta de dados;

$D_{processados}$ : total de pontos obtidos no critério do processamento de dados;

$D_{armazenados}$ : total de pontos obtidos no critério do armazenamento de dados;

$Qtde_{Total}$ : total de sistemas de esgotamento compreendidos pela análise do COE.

## RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 01 a seguir apresenta a quantidade de SES com COE implantado em cada ano do estudo:

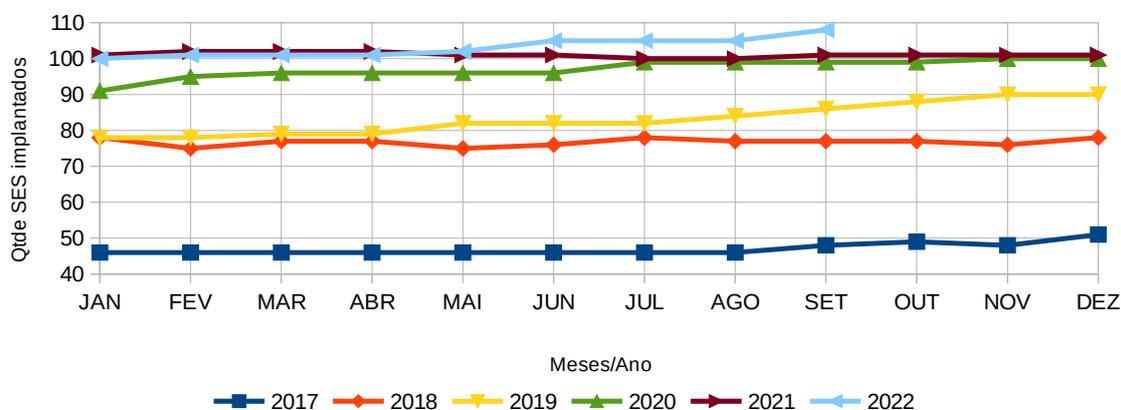


Figura 01: Evolução do número de SES implantados no COE por ano

A implantação do Controle Operacional de Esgoto iniciou em janeiro de 2017 com 46 SES implantados e terminou o ano com 51. Em 2018 houve um grande salto com incremento de 27 sistemas, passando para 78 em janeiro/2018, permanecendo com esta quantidade até o fim do referido ano. Em 2019 o incremento foi de 12 sistemas, terminando o ano com 90. Ao longo de 2020 o COE foi implantado em mais 10, atingindo o total de 100 SES em dezembro. Em 2021 podemos perceber que a evolução ficou estagnada, implantando-se apenas 1 sistema. Em 2022 houve um incremento de mais 7, chegando ao total de 108 sistemas de esgotamento sanitário, sendo 108 estações de tratamento e 258 estações elevatórias.

A Figura 02 a seguir mostra a nota geral do IACO da companhia em cada mês, durante os anos de 2017 a 2022:

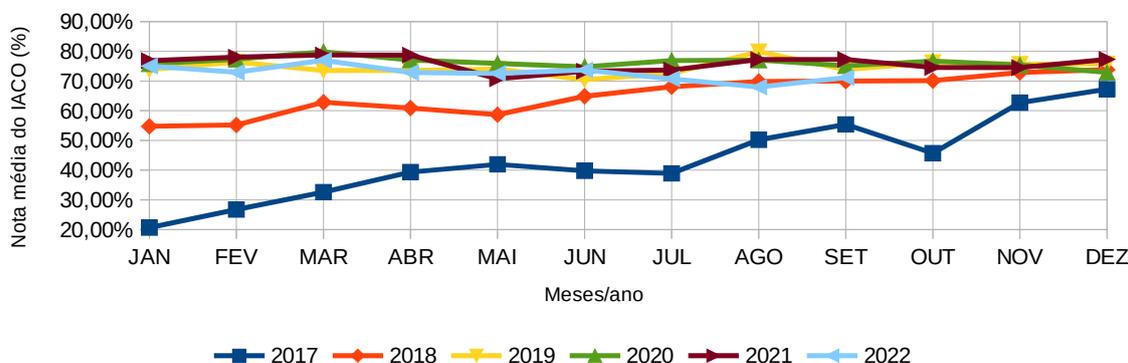


Figura 02: Nota média do IACO ao longo dos seis anos

O primeiro mês de avaliação do IACO foi referente a competência janeiro de 2017, em que foi obtida nota geral de 20,65% para o conjunto dos 46 SES. A maior nota do ano foi 67,25% obtida no mês de dezembro e a média do período foi 43,44%. Em 2018, a nota caiu no mês de janeiro para 54,74% e a maior nota do ano foi 73,85%, com média de 65,17%.

Em 2019 a menor nota ocorreu no mês de junho, com valor de 70,49% e a maior ocorreu em agosto, no valor de 79,88%. A média desse ano ficou em 74,65%. No ano de 2020 a menor nota foi 72,90% no mês de dezembro, a maior aconteceu em março com 79,83% e a média ficou na ordem de 76,23%. Em 2021 a menor nota foi 70,76% apurada em junho, março foi a maior do ano com valor 78,77% e a média desse período foi 75,92%. Em 2022, o período de estudo foi de janeiro a setembro, com a menor nota 67,96%, a maior 76,99% e a média do período 72,66%.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O COE foi primeiramente implantado nas lagoas de estabilização por serem em maior número e por se tratarem de uma tecnologia de maior simplicidade operacional. Todavia, devido à grande quantidade de lagoas, optou-se por iniciar a implantação em apenas 50% do total e continuar de forma gradativa, a fim de evitar resistência e estimular a adesão, pois até então não se realizava registros dos procedimentos. Por esse motivo, nos dois primeiros anos houve um número expressivo de implantações. Só em meados de 2018 iniciou-se a implantação nos reatores UASB, que são em menor número no Ceará e são mais complexos de operar.

Na fase inicial, uma das primeiras dificuldades foi a ausência de operador nas estações em virtude dos remanejamentos para outros serviços do sistema de esgotamento. Além disso, também foram identificados problemas com falta de algumas ferramentas e equipamentos, preenchimento incorreto das fichas, não atendimento ao prazo de alimentação do sistema, ausência de justificativas ou justificativas superficiais, sem especificar o real motivo do problema. Por essa razão, no primeiro ano da implantação as notas foram muito baixas e evoluíram lentamente.

Entre os anos de 2019 e 2022, houve uma consolidação maior do controle e a identificação mais clara dos principais problemas da companhia: falta de regularidade nas limpezas de caixa de areia e poço de sucção, ausência de bomba reserva, quadros de comando antigos ou danificados, irregularidade nas descargas de lodo de reatores anaeróbios, dosagens incorretas de produtos químicos, casa de operador fora dos padrões atuais da companhia, escadas de acesso danificadas, leitos de secagens ineficientes e falta de equipamentos como cone *Imhoff*, comparadores colorimétricos, escumadeiras, entre outros.

Nesse período as notas do IACO aumentaram e depois estabilizaram. Isso se deveu ao maior engajamento dos supervisores e operadores de esgoto na operação das estações, além da criação da cultura do procedimento na companhia, que ajudou a manter a regularidade da execução e registro das atividades. Outro fator preponderante para o aumento das notas foi a discussão contínua entre as diversas áreas envolvidas e a direção da empresa acerca dos principais desafios à operação dos sistemas, que resultaram na aquisição de ferramentas e equipamentos, reformas estruturais, mais treinamentos para operadores e gestores, maior frequência de fóruns para discutir problemas apontados no IACO, compartilhamento de soluções, premiação dos melhores gestores, dentre outros.

Em 2023, após 6 anos de implantação do COE e utilização do IACO, percebeu-se que o número de procedimentos realizados nas estações aumentou de forma substancial, as atividades foram padronizadas, os operadores estão mais treinados e dedicados à operação das estações e a infraestrutura melhorou. Como consequência, há um volume maior de dados, geração de indicadores operacionais, informatização, agilização na troca de informação e principalmente um maior controle operacional do esgoto ajudando as estações atenderem os padrões de lançamento de efluente.

## CONCLUSÕES

O processo de implantação do IACO para mensurar e acompanhar o desempenho operacional de elevatórias e estações de tratamento ocorreu de forma gradativa e focado inicialmente nos sistemas de esgotamento com

lagoas de estabilização, tecnologia de maior simplicidade operacional e com menor número de procedimentos padronizados. Nos dois anos iniciais o COE foi implantado em 78 sistemas e houve dificuldades com relação ao preenchimento correto das fichas, ao atendimento aos prazos de alimentação do sistema ERP e à ausência ou superficialidade de justificativas. A partir de 2019, mais 30 sistemas entraram para a lista, totalizando 258 estações elevatórias e 108 estações de tratamento com controle operacional de esgoto.

As médias baixas no IACO no início do processo (43,44% e 65,17%) evidenciaram as falhas operacionais da companhia e principalmente a falta de uma cultura de execução e registro de procedimentos padronizados em campo. Com a consolidação do controle de tarefas, das instruções de procedimento e da transmissão de informações, os principais problemas foram corretamente identificados pelo indicador e posteriormente sanados. Isso foi traduzido em melhorias significativas nas estações (mais equipamentos, ferramentas, treinamentos, etc.) e aumento das pontuações dos sistemas de esgotamento a partir de 2019, com médias entre 72,66% e 76,23%.

Portanto, conclui-se que o IACO serviu como uma ferramenta para auxiliar os gestores nos processos de priorização, planejamento e melhoria do desempenho operacional das estações elevatórias e de tratamento de esgoto da Cagece, evidenciando de maneira objetiva e precisa os problemas estruturais e operacionais existentes nas estações.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE; Fundação Norte Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura – FUNPEC. Plano de Controle Operacional das Estações de Tratamento de Esgoto da Cagece. Fortaleza, 2005;
2. Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. Procedimento Operacional Padrão 048: Análise Crítica das Informações Operacionais de Esgoto. Versão 5, Fortaleza, CE: 2022;
3. FILHO, R. L. O. et al. Módulo Controle Operacional de Esgoto: vantagens da utilização de um SIG no controle operacional e desempenho nos sistemas de esgotamento sanitário no estado do Ceará. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 31., 2021, Curitiba. Anais [...]. Curitiba, 2021;
4. JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 8ª. ed. Rio de Janeiro, 2017;