

Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para gestão de sistemas de saneamento

RESUMO

Diogo Henrique Fernandes Paz
Instituto Federal de Pernambuco,
Recife, Pernambuco, Brasil
diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br

Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver uma ferramenta computacional para auxiliar os municípios na gestão dos sistemas de saneamento. O desenvolvimento do sistema dividiu-se nas etapas de aquisição de conhecimentos, estruturação do sistema, e validação do sistema. Na etapa de aquisição de conhecimentos, foi realizado um diagnóstico dos principais indicadores do SNIS dos municípios do estado de Pernambuco em relação ao atendimento à legislação ambiental, como estudo de caso. Foi desenvolvido o Índice de Saneamento Ambiental (INSA), considerando os quatro componentes do saneamento. Na fase de estruturação do sistema, foram desenvolvidos o modelo conceitual e a codificação do sistema, por meio de fluxogramas. A validação do sistema foi realizada em duas fases, sendo a primeira durante a codificação, e a segunda após a codificação, onde foram identificados problemas de lógica, rotina e aparência do sistema. O sistema desenvolvido mostrou-se consistente como um *software* de auxílio à gestão de sistemas de saneamento.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento. Indicadores. Sistema de Apoio a Decisão.

INTRODUÇÃO

O acesso à água orientou a formação dos primeiros aglomerados urbanos. Além do acesso fácil para o consumo, ela era essencial para estruturar atividades como a agricultura e a criação de animais. O início da urbanização foi acompanhado por impactos como a poluição de corpos hídricos e o acúmulo de resíduos gerados. Assim, os primórdios das cidades são também os do saneamento (MDR, 2020; ROSA et al., 2021).

Ao longo do tempo, o saneamento passou a ser visto como fator determinante de saúde, conceito que se consolidou no Século XIX com a comprovação de que águas contaminadas, esgotos a céu aberto e lixo acumulado eram a causa de doenças e epidemias. Apesar deste entendimento, dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) e Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que cerca de 2,6 bilhões de pessoas ainda não possuem acesso adequado ao saneamento básico (HERPHS et al., 2023; SILVA et al., 2023).

O saneamento ambiental tornou-se um tema chave após a definição dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (GUEDES et al., 2024). A ODS 6 trata sobre “Água potável e saneamento”, que visa assegurar, até 2030, a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, bem como melhorar a qualidade da água e a eficiência de seu uso para que quem tem acesso possa utilizá-la de forma segura e sustentável.

A gestão do serviço de saneamento básico, conforme apresentado no art. 3 da lei nº 14.026/2020, foi dividida em quatro sistemas: abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos (ANDRÉ et al., 2023). O tema gestão ganha cada vez mais importância nos debates atuais. Sabe-se hoje que o investimento técnico fica subutilizado quando não se faz um bom planejamento e uma boa gestão dos recursos. Assim, também na área de saneamento, constitui-se uma questão central entender e investigar essa dimensão, que permite aproveitar com mais eficiência os recursos e investimentos realizados.

Conforme dados do Painel Saneamento Brasil (2020), o Brasil investiu mais de R\$ 13 milhões em saneamento básico em 2020. Apesar disso, quase 100 milhões de brasileiros (45%) não têm acesso à coleta de esgoto, e 35 milhões não têm acesso à água (16%). Em relação à Pernambuco, recorte deste projeto, a situação é mais delicada: 18,3% da população (1.740.599 pessoas) não têm acesso à água e 69% da população (6.575.151 não têm acesso à coleta de esgoto).

O marco regulatório do saneamento básico - Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) foi atualizado em julho de 2020, com a promulgação da Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020), com o objetivo principal de aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País. Entre as principais alterações está a seleção competitiva do prestador dos serviços, o estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias apropriadas, consideradas a capacidade de pagamento dos usuários, a adoção de soluções graduais e progressivas e a melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários.

Conforme aponta Vieira (2021), o saneamento básico e o acesso à água tratada são serviços públicos essenciais, e é dever do Estado prestá-los de forma a garantir a sua universalização, que não se faz possível sem aporte de recursos

públicos e gestão democrática. Por outro lado, o princípio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é de que não há planejamento sem conhecimento. Nesse sentido, o conhecimento estruturado pelo SNIS se tornou um elemento que norteia atividades como planejamento e gestão do setor, formulação e execução de políticas públicas e programas, definição e monitoramento de metas, orientação de atividades regulatórias e avaliação do desempenho dos serviços prestados.

Assim, para o planejamento adequado da gestão dos sistemas de saneamento, tem-se buscado cada vez mais a utilização de indicadores operacionais, financeiros, sanitários e ambientais, que constituirão a base para avaliação da prestação dos serviços (SPERLING e SPERLING, 2013), visto que permitem avaliar a conformidade, ou não, dos serviços de saneamento prestados e a eficiência da prestação dos serviços de saneamento básico, demonstrando seu desempenho ao longo do tempo.

Além disso, os indicadores poderão ser utilizados para fazer previsões e alertar as autoridades sobre os prováveis resultados das políticas em curso, identificando a necessidade de adaptação ou mesmo a definição de novas políticas.

Conforme apontam Ribeiro et al. (2018), os indicadores consistem em informações que comunicam a partir da mensuração dos elementos pertinentes aos fenômenos da realidade. Os indicadores não são informações explicativas ou descritivas, mas pontuais no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade (GUEDES et al., 2024).

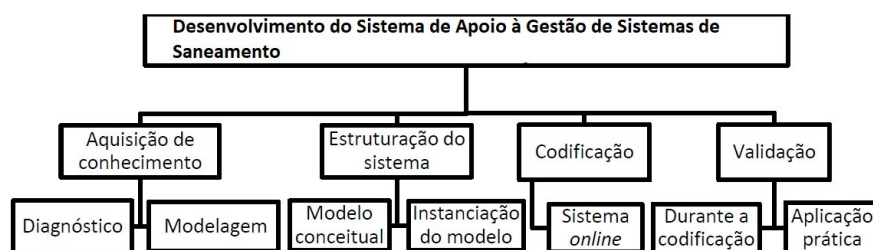
Além da necessidade de obtenção de indicadores e índices de saneamento, ainda não foi desenvolvido um sistema de apoio à gestão de sistemas de saneamento, por meio de modelagem dos indicadores ao longo do tempo, que dê subsídios aos gestores públicos na definição de estratégias de alcance à universalização do saneamento.

Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver o SIGERSAN, um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para modelagem dos sistemas de saneamento e monitoramento dos indicadores de saneamento ambiental, para atendimento ao novo marco legal do saneamento.

METODOLOGIA

As etapas de desenvolvimento do SIGERSAN foram baseadas em pesquisas realizadas anteriormente sobre o uso de SAD na gestão de resíduos da construção civil (PAZ, 2014; 2019), e seguiu os passos conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 – Etapas de Desenvolvimento do SIGERSAN



Fonte: Adaptado de Paz (2014)

AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS

A etapa de aquisição de conhecimentos tem como objetivo fornecer subsídios para a representação destes através de modelos (SCREMIN, 2007). Nesta etapa foi realizado inicialmente um diagnóstico dos principais indicadores do SNIS dos municípios do estado de Pernambuco em relação ao atendimento à legislação ambiental, como estudo de caso. Foi desenvolvido também o Índice de Saneamento Ambiental (INSA), para pontuar e ranquear os municípios em relação ao desempenho dos indicadores.

Para determinação do INSA, foram coletados indicadores nos municípios de Pernambuco acerca da gestão dos quatro componentes do saneamento: Abastecimento de água, Esgotamento Sanitário, Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana e Manejo de Águas Pluviais nos últimos 10 anos. Foram realizadas consultas ao SNIS, Sistema Nacional de informações de Resíduos Sólidos (SINIR), nos Atlas Esgotos e Atlas de Abastecimento de água, obtendo-se diversos indicadores como:

- Despesa *per capita* com manejo de RSU em relação à população urbana (R\$/hab);
- Massa coletada per capita em relação à população urbana (kg/hab/dia);
- Taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do município (%);
- Incidência do custo do serviço de coleta no custo total do manejo de RSU (%);
- Índice de atendimento com redes de esgotos (%);
- Índice de tratamento de esgotos gerados (%);
- Índice de atendimento urbano de água (%);
- Índice de perdas de água (%);
- Despesa per capita com os serviços de drenagem urbana (R\$/hab/ano);

A metodologia de cálculo de cada subíndice foi apresentado em publicações anteriores (Paz *et al.*, 2022a; Paz *et al.*, 2022b; Paz *et al.*, 2023). A média dos *scores* dos subíndices gera o INSA, conforme apresenta a Eq. 1.

$$INSA = \frac{(IDRS+IDAA+IDES+IDAP)}{4}$$

Eq. 1

O INSA classifica os municípios em níveis de desempenho da seguinte forma:

- Baixo desempenho: $0,000 < \text{INSA} < 0,400$;
- Médio desempenho: $0,400 \leq \text{INSA} < 0,600$
- Alto desempenho: $0,600 \leq \text{INSA} < 0,800$
- Excelente desempenho: $0,800 \leq \text{INSA} < 1,000$

Após a obtenção do diagnóstico obtido pelo INSA, será desenvolvida a modelagem do saneamento dos municípios. O modelo matemático proposto tem como objetivo desenvolver equações que permitam realizar o prognóstico dos sistemas de saneamento dos municípios pernambucanos de forma mais assertiva, propondo alternativas e soluções conforme a realidade de cada município.

ESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA

Na fase de estruturação do sistema o modelo é efetivamente construído, definindo-se as ferramentas que foram utilizados (SANTOS, 2013), de modo que o problema é estruturado e organizado a partir dos aspectos mais relevantes.

Nesta etapa, são apresentadas a estruturação e formalização dos conhecimentos para o desenvolvimento do SIGERSAN. A estruturação foi realizada conforme metodologia utilizada por Lupatini (2002), que divide esta etapa em duas: a construção do modelo conceitual e a posterior instanciação do modelo, onde são definidos os conhecimentos e os métodos necessários para atingir os objetivos propostos no modelo conceitual, através de fluxogramas.

O modelo conceitual foi desenvolvido com base na etapa de aquisição de conhecimentos e nas necessidades dos usuários. A solução proposta, parte da possibilidade de incorporar o mesmo modelo de conhecimento utilizado pelos especialistas em um programa computacional, permitindo que os usuários que não possuem conhecimento aprofundado da área, cheguem à resolução do problema pela simples aplicação correta do modelo (LUPATINI, 2002).

Conforme aponta Sousa (2020), o modelo conceitual é considerado o componente mais importante por ser o responsável por processar e avaliar os dados e a informação existente nas bases de dados, ajudando na tomada das decisões finais.

A instanciação do modelo consiste em, a partir do modelo conceitual, incluir os conhecimentos necessários para que os objetivos da etapa de raciocínio fossem atingidos (SCREMIN, 2007).

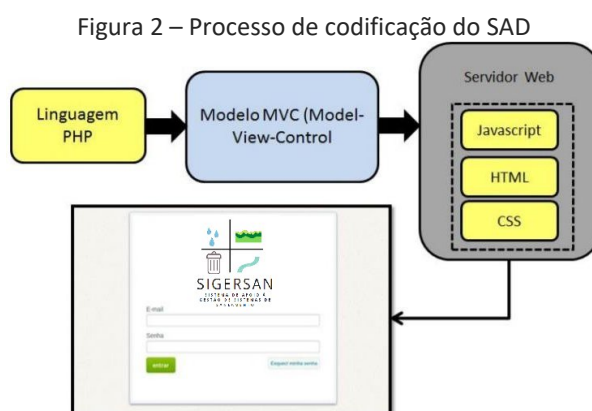
O modelo conceitual é apresentado nesta pesquisa em fluxograma, por meio do software Bizagi Modeler, enquanto a etapa de instanciação do modelo foi realizada com o auxílio de planilhas eletrônicas.

CODIFICAÇÃO DO SISTEMA

A etapa de codificação de um SAD tem como objetivo transpor (codificar) o que foi elaborado no modelo conceitual em um modelo interpretado por

computador (digital). Portanto, a codificação do sistema consistiu na programação do modelo instanciado e construção de uma interface baseado em web para utilização pelo usuário, como forma de facilitar o acesso às informações do sistema e obter os resultados determinados no modelo conceitual.

O sistema foi codificado conforme o software desenvolvido por Paz *et al.* (2016), em linguagem PHP (Hypertext Preprocessor), utilizando o Modelo MVC (Model-View-Control) e a biblioteca jQuery (Javascript), utilizada para incrementar a usabilidade do sistema. Para o armazenamento de dados, foi utilizado o banco de dados MySQL (Figura 2).



Fonte: Adaptado de Paz (2014)

Assim, após a modelagem das interfaces do SIGERSAN, estruturação do armazenamento de dados, implantação das regras lógicas e geração do protótipo inicial, foi realizada a validação do sistema.

VALIDAÇÃO DO SISTEMA

A validação do sistema desenvolvido foi realizada em duas etapas, conforme utilizado por Scremin (2007). Primeiramente foi realizada uma avaliação do sistema durante e após a codificação, onde foram identificados e corrigidos problemas no desenvolvimento da ferramenta, como os problemas de lógica, rotina e aparência do sistema. A cada atividade desenvolvida pelo programador, foram realizadas revisões e enviadas possíveis correções do sistema para o programador.

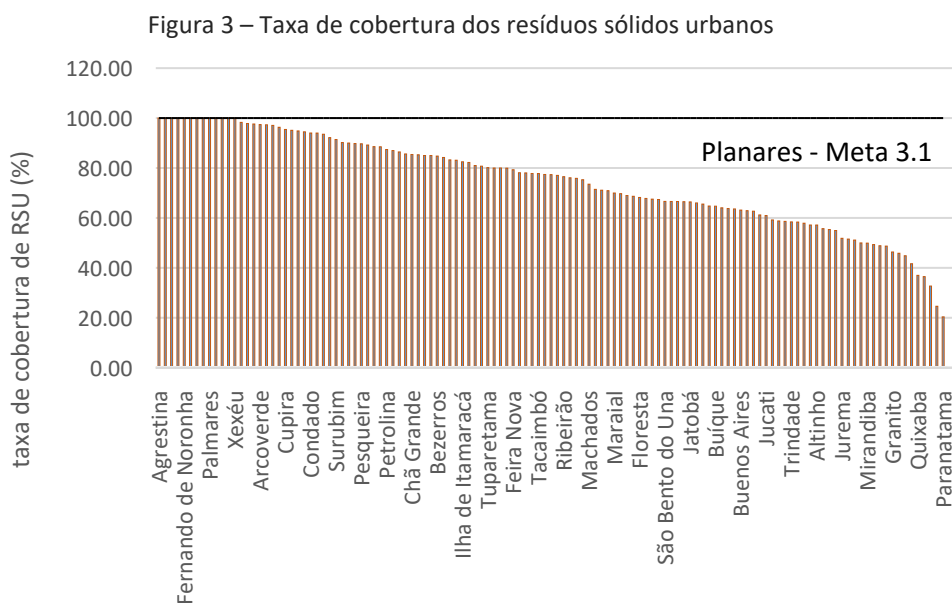
Na segunda etapa, foi realizada uma verificação da correlação dos dados reais dos municípios com os dados estimados pelo SIGERSAN, como a estimativa da taxa de reciclagem, carga poluidora e índice de perdas no abastecimento de água. Foram selecionados municípios que não compuseram a base de dados para o teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a etapa de aquisição de conhecimentos, foram utilizados 34 indicadores, sendo 22% do total de indicadores do SNIS para desenvolvimento do INSA. Guedes *et al.* (2024) propôs a utilização de 15 indicadores do SNIS para desenvolvimento

do Índice de Saneamento Básico (ISB), havendo uma boa correlação entre os dois índices propostos.

A seguir são apresentadas as análises dos principais indicadores do SNIS. A Figura 3 apresenta a taxa de cobertura dos RSU dos municípios pernambucanos. Observa-se que apenas 10% dos municípios alcançam a meta estabelecida no Plano Nacional de Resíduos de Sólidos, Meta 3.1, ou seja, 100% da taxa de cobertura dos RSU.

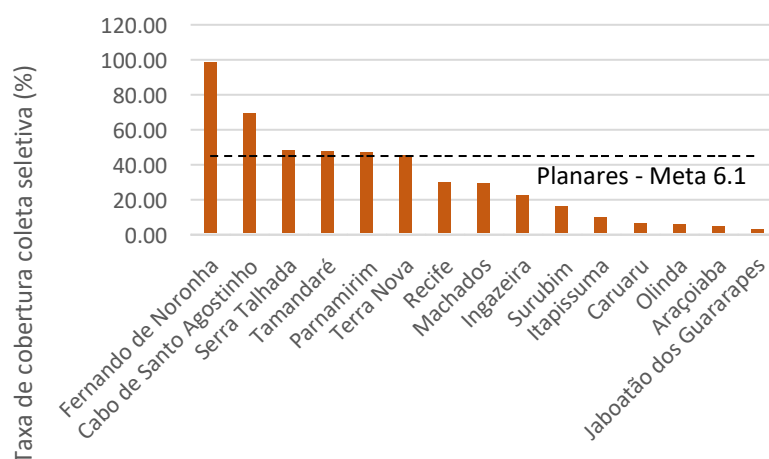


Fonte: SNIS (2021)

Acerca da coleta seletiva, apenas 15 municípios possuem coleta seletiva implementada oficial, com taxa de cobertura calculada. Destes, apenas 6 municípios (5,6%) alcançam a meta do Planares de 45% da cobertura de coleta seletiva (Figura 4).

O baixo índice de implantação da coleta seletiva foi observada por Besen et al. (2021), que obtiveram um percentual de 84% dos municípios sem coleta seletiva adequada, dentre os que responderam o formulário da Plataforma Digital de Autoavaliação da coleta seletiva.

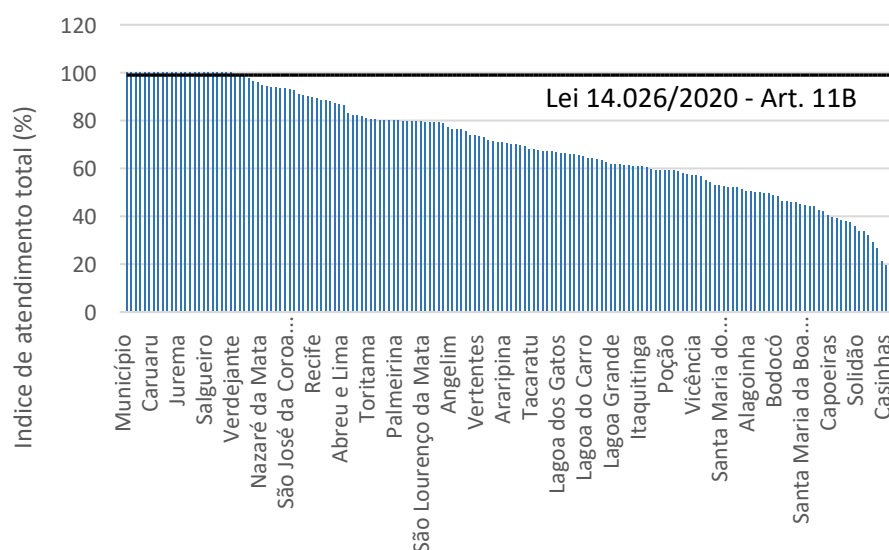
Figura 4 – Taxa de cobertura da coleta seletiva



Fonte: SNIS (2021)

A Figura 5 apresenta o Índice de Atendimento total de água nos municípios. De acordo com a Lei 14.026/2020, que estabelece o novo marco legal do saneamento, em seu Art. 11B, foi estabelecida a meta de 99% no atendimento de água. Apenas 26 municípios (15%) atendem à meta.

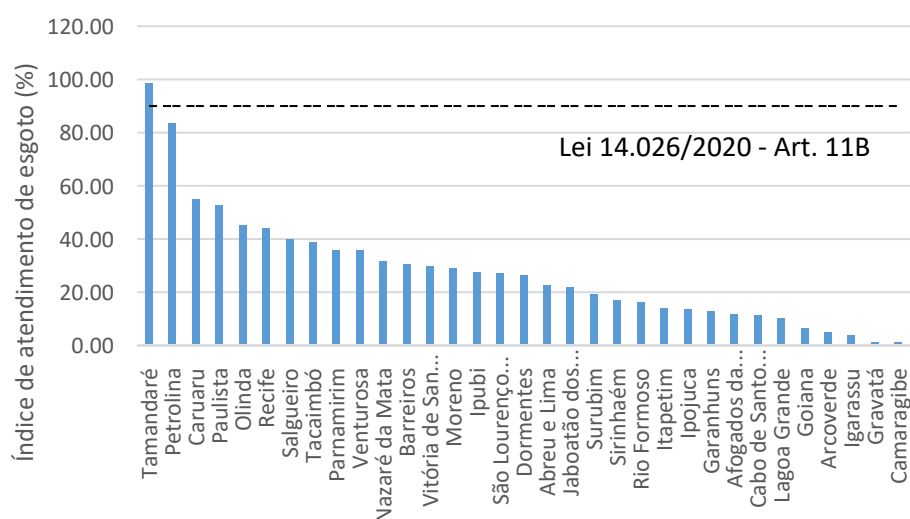
Figura 5 – Índice de atendimento total de água



Sobre esgotamento sanitário, a Figura 6 apresenta o Índice total de atendimento. Apenas o município de Tamandaré atende ao que estabelece o novo marco do saneamento, que estabeleceu como meta 90% da taxa de coleta de esgoto.

Quanto aos dados de esgotamento sanitário, destaca-se a ausência de informações na maioria dos municípios analisados. A mesma dificuldade foi relatada por Pereira e Teobaldo (2021), que realizou um levantamento dos indicadores de água e esgoto em municípios do Pará.

Figura 6 – Índice de atendimento total de esgoto

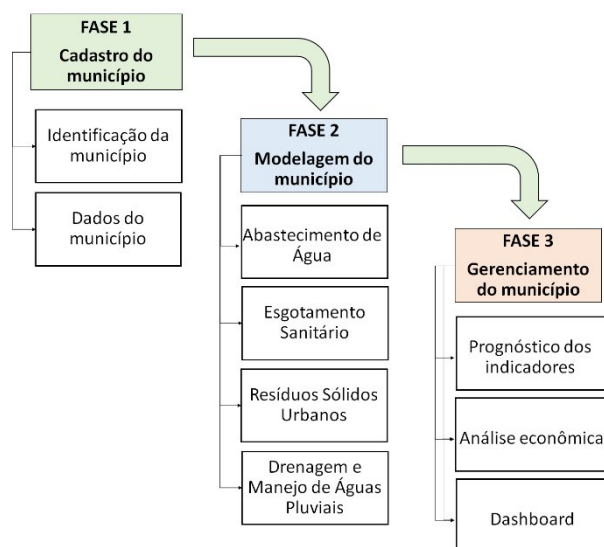


A partir das informações coletadas no diagnóstico dos indicadores do SNIS, em conjunto com a revisão bibliográfica, foi estabelecido o modelo conceitual do SIGERSAN.

Buscou-se, por meio modelo conceitual, solucionar a problemática da sistematização de dados e monitoramento das metas dos componentes do saneamento, partindo das dificuldades encontradas no diagnóstico realizado.

Com base nessas necessidades, foi estabelecida uma solução em termos de modelo conceitual para o sistema, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Modelo conceitual do SIGERSAN



Fase 1: Cadastro do município

A fase inicial da utilização do sistema consiste na descrição do município. O cadastro refere-se a dados mais gerais, como nome, região de desenvolvimento, código do IBGE, prefeito e vice-prefeito, site, população, densidade demográfica, IDHM, dentre outros.

Porém, o preenchimento adequado dos dados do município é essencial, visto que a modelagem utiliza esses dados para realizar uma avaliação da situação atual dos indicadores, aplicando o INSA.

Fase 2: Modelagem do município

Após o usuário ter cadastrado todas as informações pertinentes, se inicia a Fase 2, que é a aplicação do SAD propriamente dito, com o cálculo e prognóstico da geração de resíduos sólidos, dimensionamento do sistema de coleta seletiva e de compostagem; cálculo da demanda e oferta de água, cálculo da carga poluidora do esgoto bruto, alternativas de tratamento, e infraestrutura de drenagem urbana.

Os cálculos realizados nesta fase são baseados nos dados obtidos durante a aquisição de conhecimentos, e a partir de revisão bibliográfica. Ao fim da fase de modelagem do município, será possível identificar o investimento necessário para alcançar as metas.

Fase 3: Gerenciamento do município

Na fase de gerenciamento do município, o usuário terá acesso à aplicação do INSA, e análise do grau de atendimento do município em relação à legislação ambiental.

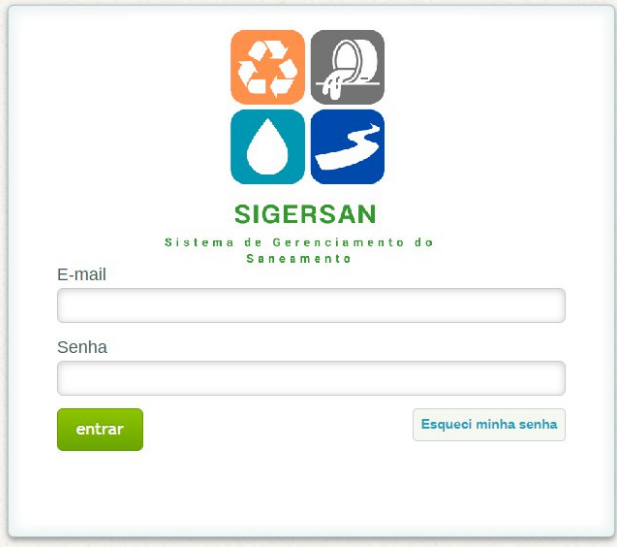
Os dados desta fase poderão ser comparados com a média de outros municípios que utilizarem o sistema. Dessa forma, será possível identificar se o município em questão possui um bom desempenho ambiental.

Após a definição do modelo conceitual a ser utilizado no sistema, foram incluídos os dados obtidos da etapa de aquisição de conhecimentos. Esses conhecimentos foram estruturados na forma de fluxogramas, baseado na

metodologia utilizada por Scremin (2007) e Paz (2019), que após a instanciação serviu de base para a codificação do sistema.

A Figura 8 apresenta a tela inicial do Programa SIGERSAN, após a codificação do software. O login e senha é fornecido pelo administrador do sistema ao responsável pela gestão dos indicadores no município.

Figura 8 – Tela Inicial do *software* SIGERSAN



A imagem mostra a interface de login do sistema SIGERSAN. No topo, há um logotipo composto por quatro ícones: um símbolo de reciclagem laranja, um ícone de esgoto cinza, uma gota de água azul e um ícone de rio azul. Abaixo dos ícones, o nome "SIGERSAN" está em verde, seguido pelo subtítulo "Sistema de Gerenciamento do Saneamento" em menor fonte verde. Abaixo disso, há dois campos de entrada: "E-mail" e "Senha", ambos com bordas arredondadas e um ícone de lupa para pesquisa. Abaixo dos campos, há um botão verde "entrar" e um link azul "Esqueci minha senha".

Ao realizar o primeiro login, o responsável deve preencher os dados de identificação do município, como nome, código do IBGE, nome do prefeito e vice-prefeito, e dados do município, como população, densidade demográfica e área territorial, que serão utilizados na fase de modelagem (Figura 9).

Figura 9 - Tela de cadastro do município

SIGERSAN
SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE SANEAMENTO

Bem-vindo, **Cabo de Santo Agostinho**

Cadastro | Banco de dados | Modelagem | Gerenciamento | Controle de custos | Dashboard | Configurações | Sair

Cadastro do município

Identificação do município

Município:

Região de Desenvolvimento:

Código do município (IBGE):

Prefeito(a):

Vice Prefeito:

Site:

Órgão responsável pela gestão de resíduos sólidos urbanos:

Órgão responsável pela gestão do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais:

Órgão responsável pela gestão do sistema de abastecimento de água:

Órgão responsável pela gestão do sistema de esgotamento sanitário:

Após o cadastro do município, é preciso também realizar o preenchimento do banco de dados com as informações disponibilizadas pelo SNIS, que gerarão os indicadores utilizados na fase de modelagem (Figuras 10 e 11). O sistema solicita o preenchimento das informações dos 3 últimos anos do SNIS.

Figura 10 - Tela de preenchimento das informações gerais do SNIS

SIGERSAN
SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE SANEAMENTO

Bem-vindo, **Cabo de Santo Agostinho**

Banco de dados | **Cadastro** | Modelagem | Gerenciamento | Controle de custos | Dashboard | Configurações | Sair

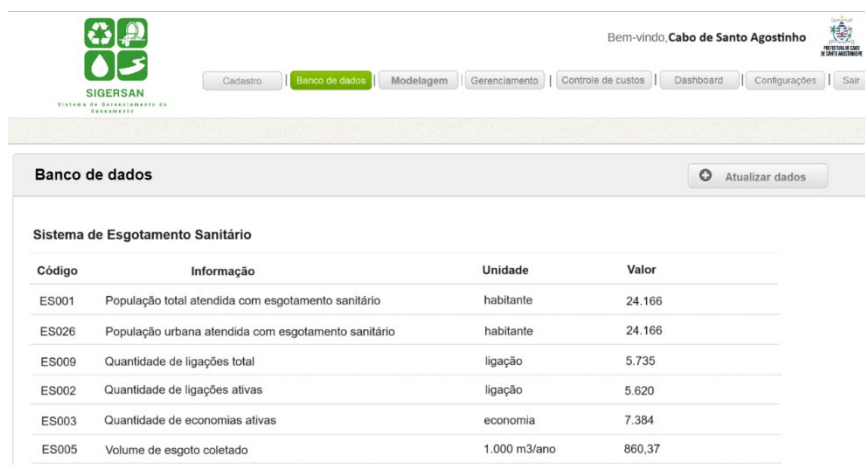
Banco de dados Atualizar dados

Informações gerais

Código	Informação	Unidade	Valor
GE12a	População residente total	habitante	208.944
GE06a	População residente urbana	habitante	189.473

Código	Informação	Unidade	Valor
FN005	Receita Operacional total	R\$/ano	73.861.716,99
FN015	Despesa Operacional total	R\$/ano	41.646.181,62

Figura 11. Tela de preenchimento das informações do sistema de esgotamento sanitário



Código	Informação	Unidade	Valor
ES001	População total atendida com esgotamento sanitário	habitante	24.166
ES026	População urbana atendida com esgotamento sanitário	habitante	24.166
ES009	Quantidade de ligações total	ligação	5.735
ES002	Quantidade de ligações ativas	ligação	5.620
ES003	Quantidade de economias ativas	economia	7.384
ES005	Volume de esgoto coletado	1.000 m3/ano	860,37

Assim que o banco de dados é preenchido, é realizada automaticamente a modelagem dos sistemas de saneamento do município, que pode ser consultado no terceiro menu.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou desenvolver um SAD para auxiliar na melhoria do desempenho dos sistemas de saneamento dos municípios, por meio de um *software* de fácil usabilidade e aplicado à realidade de instituições brasileiras.

A etapa de aquisição de conhecimentos permitiu obter informações importantes para o desenvolvimento do sistema, ao identificar as principais dificuldades encontradas e montar um banco de dados amplo, calibrando o sistema de forma adequada.

A etapa de estruturação do sistema utilizou todos os conhecimentos obtidos na etapa de aquisição de conhecimentos para a elaboração do modelo conceitual, que dividiu o sistema nas seguintes fases: Fase 1 – Cadastro do município, Fase 2 – Modelagem do município, e Fase 3 – Gerenciamento do município. Todas as atividades realizadas pelo sistema foram representadas através de fluxogramas, e todas as equações utilizadas nos cálculos foram apresentadas, de forma a permitir que outros pesquisadores possam compreender todo o processo de desenvolvimento da ferramenta.

Conclui-se que o sistema demonstrou ser bastante útil para os municípios, por sistematizar os diversos dados fornecidos no SNIS, e permitir a definição de ações e prioridades, buscando de aproximar da universalização dos serviços de saneamento.

Porém, aponta-se para a necessidade de incrementação do SAD com novos indicadores e índices, conforme o porte do município, a partir da ampliação da base de conhecimento do sistema.

Development of a Decision Support System (DSS) for managing sanitation systems

ABSTRACT

This research aims to develop a computational tool to assist municipalities in managing sanitation systems. The development of the system was divided into the stages of knowledge acquisition, system structuring, and system validation. In the knowledge acquisition stage, a diagnosis of the main SNIS indicators of the municipalities in the state of Pernambuco was carried out in relation to compliance with environmental legislation, as a case study. The Environmental Sanitation Index (INSA) was developed, considering the four components of sanitation. In the system structuring phase, the conceptual model and system coding were developed, using flowcharts. The system validation was carried out in two phases, the first during coding, and the second after coding, where problems with logic, routine and appearance of the system were identified. The developed system proved to be consistent with software to help manage sanitation systems.

KEYWORDS: Sanitation. Indicators. Decision Support System.

AGRADECIMENTOS

Ao IFPE, pelo apoio financeiro para desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, A. C. L.; AMORIM, M. C. C. de; DANTAS DA SILVA, K. C. Mapeamento Tecnológico de sensores e sistemas IoT para monitoramento da qualidade de água e efluentes no setor de saneamento: Análise de patentes. **Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 57, p. 114-124, jul./set., 2023.
- BESIN, G. R.; RIBEIRO, H.; FRACALANZA, A. P.; JACOBI, P. R.; GUNTHER, W. M. R. Plataforma digital de autoavaliação e monitoramento da coleta seletiva municipal, Brasil. **Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 47, p. 121-140, 2021.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de Janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm>. Acesso em: 16 jun. 2022
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de Julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm>. Acesso em 16 jun. 2022.
- DA SILVA, S. S. et al. Estudo da contaminação da água superficial e subterrânea de um lixão desativado: Arroio Dourado – Foz do Iguaçu – PR. **Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 55, p.345-365, jan./mar., 2023.
- FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Termo de Referência para Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico**. Brasília/DF, 2018.
- GUEDES, W. P. SUGAHARA, C. R.; FERREIRA, D. H. L. et al. BRANCHI, B. A. Construção de um índice de saneamento básico: uma proposta de Ranking para os municípios das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 59, p.103-123, jan./abr., 2024.
- HERPHS, L. S.; OLIVEIRA, M. L. S.; XAVIER, P. M. A.; SILVA, A. G. Análises físico-químicas e microbiológicas da água destinada ao consumo humano em instituições públicas de ensino da cidade de Porto Seguro-BA. **Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 55, p.329-344, jan./mar., 2023.
- LUPATINI, G. **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à decisão em Escolha de Áreas para aterros sanitários**. Florianópolis, 2002. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- MDR – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Do SNIS ao SINISA: informações para planejar o saneamento básico**. Brasília, 2020.
- OLIVEIRA DA ROSA, L.; SOUZA, T. P.; SOUZA, K. F.; SOUZA, E. G.; SILVA, J. A.; COSTA, M. M CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K. Tecnologia social e compostagem na disseminação de saberes na valoração dos resíduos orgânicos de um condomínio de baixo custo na cidade de Pelotas - RS. **Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 49, p. 188-200, out./dez. 2021.

PAINEL SANEAMENTO BRASIL. Indicadores. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=0>>. Acesso em: 16 jun. 2022.

PAZ, D. H. F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão integrada de resíduos da construção e demolição**. 291 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

PAZ, D. H. F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras de edificações urbanas**. 2014. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2014.

PAZ, D. H. F.; CONTIN, L. C. A. ; BARBOSA, J. W. G. ; FREITAS, D. A. ; LINS, E. A. M. **Desenvolvimento do índice de desempenho da drenagem urbana e águas pluviais (IDAP) para o estado de Pernambuco**. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 16, 2022. [Anais...]. ABRH: Caruaru, 2022.

PAZ, D. H. F.; CONTIN, L. C. A. ; BARBOSA, J. W. G. ; MENDONCA, M. C. M. ; LINS, E. A. M. **Desenvolvimento do índice de desempenho de água e esgoto para o estado de Pernambuco**. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 16, 2022. [Anais...]. ABRH: Caruaru, 2022.

PAZ, D. H. F.; MENDONCA, M. C. M. ; FREITAS, D. A. ; LINS, E. A. M. ; FREIRE, J. M. L. **Desenvolvimento do índice de desempenho da gestão de resíduos sólidos urbanos para o estado de Pernambuco**. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6, 2023. [Anais...]. IBEAS: Foz do Iguaçu, 2023.

PEREIRA, D. O.; TEOBALDO, F. M. Análise da correlação entre o indicador de desempenho financeiro e um índice de investimento com o atendimento de serviços de água e esgoto em municípios do estado do Pará, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 15358-15371, 2021.

RIBEIRO, A. A. S.; DUARTE, A. D.; BEZERRA, S. T. M.; COELHO, I. C. L.; GONÇALVES, E. A. P. **Índice de Salubridade Ambiental em áreas urbanas: um estudo em Caruaru/PE**. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 29., 2018, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: AESABESP, 2018.

SCREMIN, L.B. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos da construção e demolição para municípios de pequeno porte**. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TEIXEIRA, D. A.; FILHO, J. F. P.; SANTIAGO, A. F. **Indicador de Salubridade Ambiental (ISA): Os 17 anos da prática do Brasil**. In: CONGRESSO ABES – FENASAN 2017, 2017, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: AESABESP, 2017.

VIEIRA, P. A. **O processo de universalização do acesso à água e ao saneamento básico no Brasil (ODS nº 06): Uma análise à luz da Lei nº 14.026/2020**. In: POMPEU, G. M.; POMPEU, R. M.; HOLANDA, M. M (org). **Água, clima e restauração dos ecossistemas: Reconhecimento dos direitos da natureza e das garantias do futuro intergeracional – Volume II**. Porto Alegre: Editora Fundação Fênix, 2021.

VON SPERLING, M. **Estudo e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: DESA, 2007. 588p.

VON SPERLING, T. L.; VON SPERLING, M. V. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 313-322, 2013.

Recebido: 17/10/2023

Aprovado: 28/10/2024

DOI: 10.3895/rts.v20n62.17680

Como citar:

PAZ, Diogo Henrique Fernandes. Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para gestão de sistemas de saneamento. **Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 20, n. 62, p. 180-196, out./dez., 2024. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/17680>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

