



Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro- PUC-Rio

ENGENHARIA DE DADOS

MVP DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA APOIO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE ATIVOS DE EMPRESAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Clayton Guimarães da mata, M. Sc.

<http://lattes.cnpq.br/9737455091689304>

Rio de Janeiro 2023

Sumário

Resumo Executivo.....	5
Executive Summary.....	6
1. Introdução	7
2. Contextualização.....	7
3. O projeto.....	11
3.1. Objetivo	11
3.1.1. Objetivo geral.....	11
3.1.2. Objetivos específicos	11
3.2. Considerações preliminares.....	12
3.2.1. Ferramentas utilizadas.....	15
3.3. Coleta.....	16
3.4. Modelagem.....	19
3.4.1. Catálogo de dados	21
3.5. Extração, Transformação e Carga de dados na nuvem.....	24
3.6. Análise	30
3.6.1. Análise de qualidade dos dados.....	30
3.6.2. A construção da solução	31
3.6.3. Análise sobre as questões propostas	36
4. Conclusão	42
5. Referências bibliográficas	42

Índice de Figuras

Figura 1- Representação do Setor Elétrico Brasileiro (SEB).....	8
Figura 2- Diagrama funcional do fluxo da energia elétrica e os principais equipamentos.....	8
Figura 3- Monitoramento em um transformador.	9
Figura 4- Fluxograma dos dados para a gestão de ativos.....	10
Figura 5- Diagrama de blocos para o conjunto de indicadores do processo de ensaios periódicos propostos.....	13
Figura 6- Diagrama de blocos para o conjunto de indicadores do processo de monitoramento on-line propostos.....	14
Figura 7- Diagrama de blocos para o conjunto de indicadores do processo dos Avisos propostos.	14
Figura 8 – Fluxograma de linhagem de dados.....	16
Figura 9- Diagrama de relacionamento das tabelas envolvidas no projeto.	17
Figura 10 – Reconhecimento e tratamento de erros.	18
Figura 11- Quantidade de registros por entidade.....	19
Figura 12- Modelo prévio construído por visões de banco.....	20
Figura 13- Tela de boas-vindas do SAC.	24
Figura 14- Tela inicial de carga de dados e criação.	24
Figura 15- Tela da ferramenta de importar dados.	25
Figura 16- Tela das fontes de dados vinculadas à nuvem do SAC.	25
Figura 17 – Área de rascunho para transformação dos dados.	26
Figura 18 – Ferramenta de Transformação do SAC.	27
Figura 19 – Criação da medida Coordenadas (georreferenciamento).	27
Figura 20 – Finalização da etapa de Extração, Transformação e Carga para os dados dos ensaios periódicos.	28
Figura 21 – Ferramenta de atualização agendada do SAC.	28
Figura 22 – Definições da importação para a atualização.	29
Figura 23 – Visão geral do modelo de dados para os ensaios periódicos.	29
Figura 24- Tela inicial do painel de gestão.	31
Figura 25- Apresentação inicial da construção da solução.	32
Figura 26- Configuração do elemento gráfico do mapa georreferenciado.	32
Figura 27- Configuração do indicador de prazos e criticidade do atraso dos ensaios.....	33
Figura 28- Indicador de prazos por subestação.	33
Figura 29- Configuração do mapa de controle dos ensaios preditivos.	34
Figura 30- Análise vinculada entre os elementos gráficos.	34
Figura 31- Solução final para o indicador de Supervisão dos prazos para os ensaios.	35
Figura 32- Teste de validação para o indicador Supervisão dos Prazos.....	35
Figura 33 – Dashboard para o Gerenciamento de Ensaios periódicos.....	36
Figura 34 – Dashboard para o Gerenciamento de Monitoramento On-line.	38
Figura 35 – Dashboard para o Gerenciamento de Avisos.	40
Figura 36 – Dashboard para a Estatística do sistema.	41

Índice de Tabelas

Tabela 1- Especificação das tabelas legadas para a etapa de coleta.....	18
Tabela 2- Definição das visões de banco para carga na nuvem do SAC.....	20
Tabela 3- Catálogo de dados para a visão dos ensaios periódicos.....	21
Tabela 4- Catálogo de dados para a visão de monitoramento on-line.....	22
Tabela 5- Catálogo de dados para a visão de Avisos e Alarmes.....	23
Tabela 6- Catálogo de dados para a visão de Estatísticas do sistema.....	23

Resumo Executivo

O presente trabalho aborda o desenvolvimento de um Mínimo Produto Viável (MVP) que aplica os conceitos da Engenharia de Dados na análise de gestão de ativos do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) de transmissão e geração, com ênfase em equipamentos como transformadores, reatores, comutadores e buchas.

Para isso, são utilizados dados fictícios para simular as informações reais dos equipamentos, incluindo seus ensaios periódicos e os dados de condição operacional obtidos por meio de monitoramento contínuo (*on-line*). O objetivo principal é aumentar a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos do SEB, visando a redução de intervenções não planejadas e dos custos de manutenção.

A solução é apresentada por meio de dashboards desenvolvidos na plataforma SAP Analytics Cloud (SAC) da empresa SAP SE. Essa plataforma integra Business Inteligência (BI), análise de big data (análise preditiva) e recursos de planejamento em um ambiente de nuvem, permitindo a criação de relatórios de indicadores eficientes e de fácil utilização.

Além disso, o ambiente do SAC facilita a obtenção de dados de diversas fontes, seja por meio da leitura direta do SAP ou da importação de dados externos em diferentes formatos, integrando-os com ferramentas analíticas otimizadas para o tratamento de dados. Isso transforma uma grande quantidade de dados complexos em informações úteis, centralizadas, simplificadas e de acesso rápido.

A solução apresentada neste MVP contribui significativamente para aprimorar a eficiência dos processos de gestão de ativos nas empresas do setor elétrico. Ela atende ao objetivo de oferecer suporte para tomadas de decisão gerenciais, estratégicas e operacionais, permitindo decisões ágeis e precisas por meio de ferramentas apropriadas. Isso atrai gestores talentosos e agrupa valor aos negócios das empresas.

Executive Summary

This work addresses the development of a Minimum Viable Product (MVP) that applies Data Engineering concepts to the analysis of asset management within the Brazilian Electrical System (SEB) for transmission and generation, with a focus on equipment such as transformers, reactors, OLTC (on load tap changer) and bushings.

To achieve this, fictitious data is used to simulate real equipment information, including periodic tests and operational condition data obtained through online monitoring. The primary objective is to enhance the reliability and availability of SEB assets, aiming to reduce unplanned interventions and maintenance costs.

The solution is presented through dashboards developed on the SAP Analytics Cloud (SAC) platform by SAP SE. This platform integrates Business Intelligence (BI), big data analysis (predictive analysis), and planning resources in a cloud-based environment, enabling the creation of efficient and user-friendly indicator reports.

Furthermore, the SAC environment facilitates data acquisition from various sources, either through direct SAP access or by importing external data in different formats, integrating them with optimized analytical tools for data processing. This transforms a substantial amount of complex data into useful, centralized, simplified, and readily accessible information.

The solution presented in this MVP significantly contributes to improving the efficiency of asset management processes in the electric sector companies. It meets the goal of providing support for managerial, strategic, and operational decision-making, enabling swift and accurate decisions through appropriate tools. This attracts talented managers and adds value to the businesses of these companies.

1. Introdução

Atualmente, as empresas do setor de energia elétrica enfrentam uma crescente demanda por abordagens inovadoras na gestão de seus processos. A integração entre a gestão de negócios e a tecnologia da informação se tornou crucial para otimizar os resultados das operações de rotina. Nesse contexto, soluções de análise de dados desempenham um papel fundamental na gestão e monitoramento dos processos, com o objetivo de buscar informações relevantes de maneira ágil e de fácil interpretação.

Por décadas, as empresas têm utilizado sistemas de gestão de ativos com metodologias embarcadas para avaliar a saúde operacional de seus equipamentos instalados nas usinas geradoras e subestações de transmissão. Esses softwares podem variar entre legados de cada empresa, produtos de fabricantes ou soluções de prestadores de serviços, resultando em diferentes fontes e formatos de dados.

Adicionalmente, os sistemas de gestão estão se tornando cada vez mais abrangentes, fornecendo informações sobre planos de manutenção por meio de sistemas ERP (SAP), bem como o estado operacional dos equipamentos, seja por meio de ensaios periódicos ou monitoramento em tempo real (*on-line*). Isso leva a uma multiplicação exponencial das fontes e volumes de dados, com a tarefa desafiadora em transformar esses dados brutos em informações relevantes.

Exemplos de funcionalidades disponíveis nos sistemas de gestão de ativos incluem a geração automática de relatórios a partir de regras ou inteligência artificial, o gerenciamento de prazos para ensaios em equipamentos específicos, o controle de alarmes com monitoramento em tempo real (*on-line*), métodos para identificar alarmes falsos e notificações personalizadas.

A gestão diária da manutenção dos ativos é uma tarefa complexa, especialmente considerando o grande número de equipamentos em operação, cada um com seus próprios planos de manutenção ou podendo ter um plano individualizado.

A gestão destes ativos busca equilibrar custos, atuando em pessoas, processos e tecnologia. Logo, torna-se ainda mais excepcional ao trabalhar com grandes volumes de dados com a finalidade de alinhar os processos operacionais com questões associadas à engenharia de confiabilidade, do aumento de disponibilidade, da redução de custos, maximização dos lucros etc. Assim, o uso eficaz de métricas representativas que auxiliem na análise do problema é fundamental para alcançar benefícios, tanto tecnológicos quanto financeiros.

Nesse cenário desafiador, que aborda a operação e manutenção dos ativos dos sistemas de transmissão e geração de energia elétrica no Brasil, está inserido a ideia deste projeto.

2. Contextualização

Nesta seção será apresentada uma breve contextualização do sistema elétrico brasileiro, focando e descrevendo os agentes criadores de dados utilizados neste projeto.

A Figura 1 mostra as grandes áreas do SEB; Geração; transmissão; distribuição e comercialização (consumo).

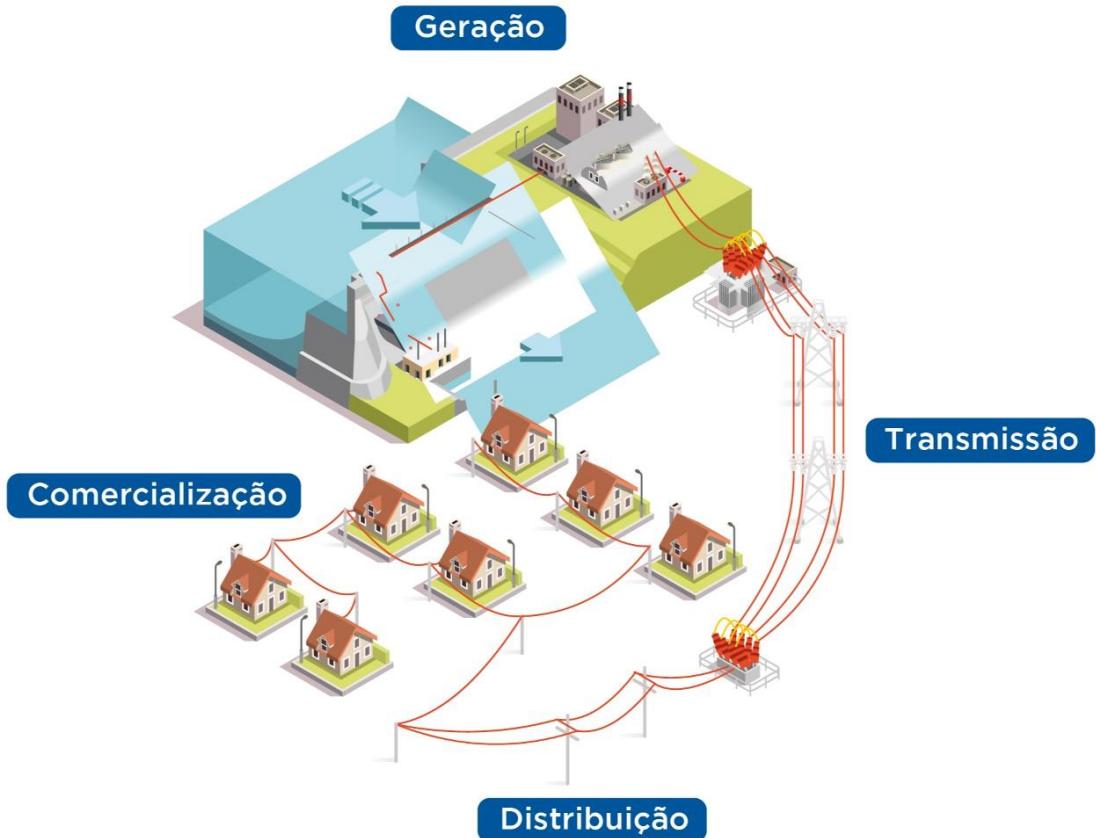


Figura 1 - Representação do Setor Elétrico Brasileiro (SEB).

Fonte: <https://noticias.portalaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/setor-elettrico-brasileiro/> acessado em 15 de setembro de 2023

O interesse deste projeto é nas áreas de geração e transmissão, em especial nos indicadores de gestão de ativos dos equipamentos. A Figura 2 ilustra um diagrama funcional dos principais equipamentos envolvidos no ciclo da energia elétrica do SEB.

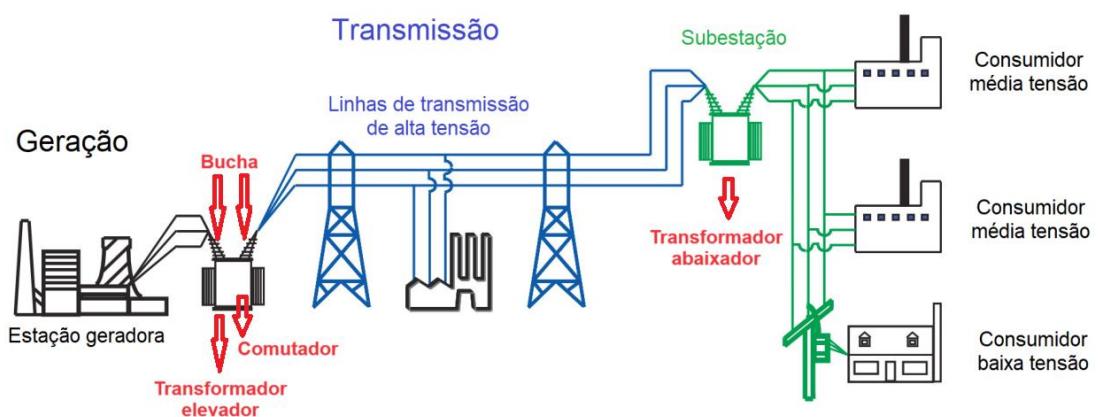


Figura 2 - Diagrama funcional do fluxo da energia elétrica e os principais equipamentos.

Os agentes da geração e transmissão, em destaque preto e azul da Figura 2, podem ser compostos por várias empresas de forma interconectadas. Os tipos de equipamentos destacados com setas vermelhas são os que desempenharão um papel fundamental neste projeto. No diagrama funcional da Figura 2, eles são apresentados em seus respectivos contextos operacionais.

Esses dispositivos desempenham a função de transformação no sistema elétrico e estão instalados nas subestações de energia. Periodicamente, amostras de materiais, como o óleo mineral isolante do interior do tanque do transformador, são coletadas para a realização de ensaios que verificam sua condição operacional. Além disso, esses equipamentos podem ser equipados com sensores inteligentes para monitorar em tempo real as variáveis de interesse na engenharia de operação e manutenção, conforme ilustrado na Figura 3.

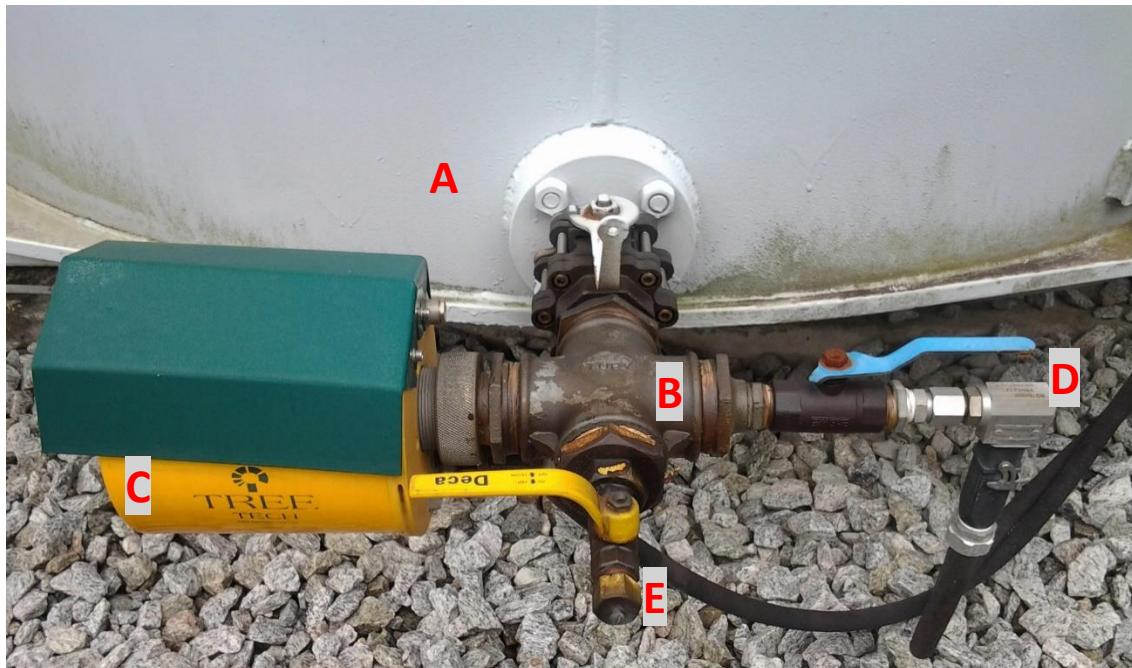


Figura 3 - Monitoramento em um transformador.

Fonte: Autor

As indicações destacadas na Figura 3 são: A = Tanque do transformador contendo óleo mineral isolante; B = Válvula manual de controle de fluxo do óleo; C = Dispositivo inteligente (microprocessado) de medição on-line dos gases dissolvidos no óleo; D = Dispositivo inteligente para medição em tempo real da umidade no óleo do transformador; E = Válvula para extração de amostras de óleo para análises da condição físico-química realizadas em laboratórios acreditados.

Com base no que foi apresentado sobre o sistema de energia elétrica, na visão geral da coleta de amostras para ensaios e na obtenção de dados de monitoramento em tempo real dos ativos, pode-se estabelecer uma arquitetura simplificada para o fluxo de informações relacionadas à operação e manutenção dos equipamentos das empresas de energia. Assim, a Figura 4 modela o fluxo dos dados, desde a origem até os sistemas de gerenciamento de banco de dados (SGBD) corporativos.

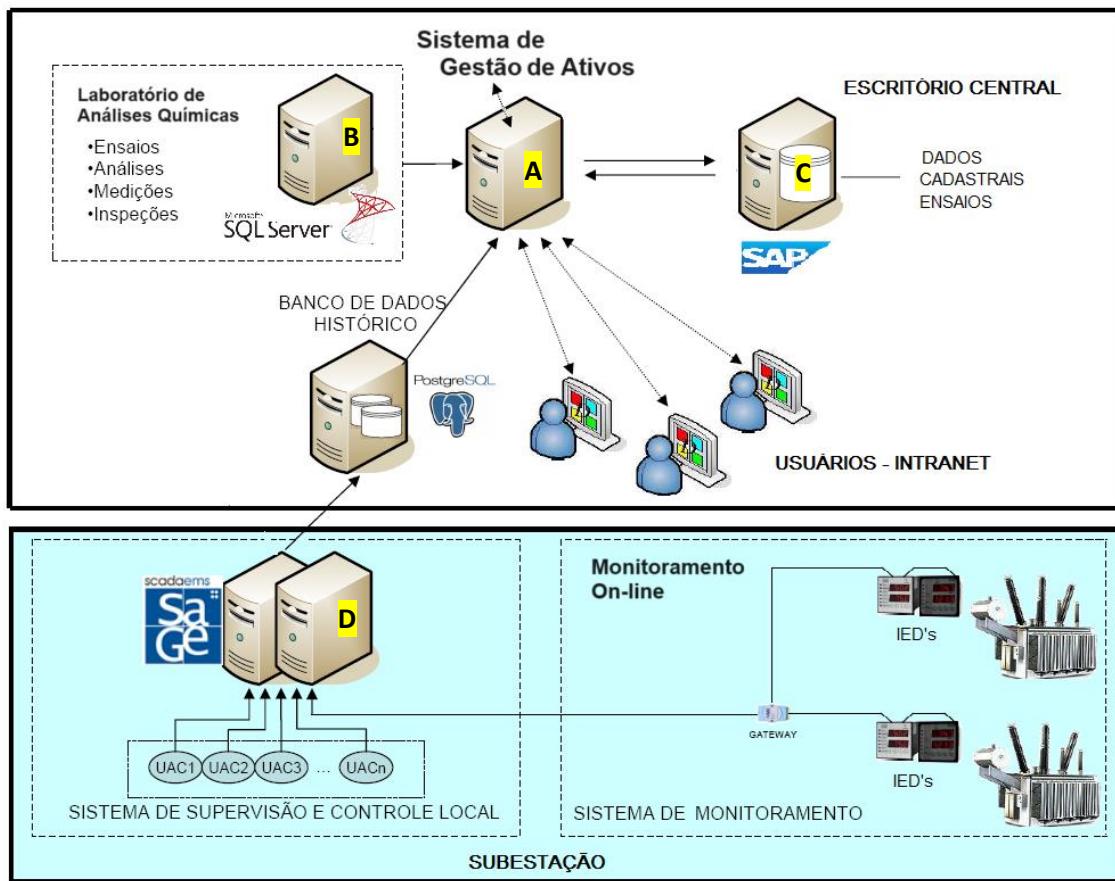


Figura 4 - Fluxograma dos dados para a gestão de ativos.

Fonte: Autor

Na Figura 4 são mostrados alguns servidores legendados com destaque amarelo, a saber:

- A = servidor de banco de dados corporativo de um sistema de gestão de ativos.
- B = servidor local do sistema de gestão do laboratório de análises químicas.
- C = sistema de gestão corporativo, no caso apresentado o SAP ERP, da empresa SAP SE.
- D = servidores locais do sistema SCADA de supervisão e controle da operação do SEB, no caso, o SAGE¹.

No servidor B, os dados abordados neste projeto são:

- (i) **ensaios de Gás Cromatografia (AGD)**: verifica a existência de gases dissolvidos no óleo mineral isolante e atribui um grau de anormalidade dependendo dos resultados.
- (ii) **ensaios de Físico-Químico (FQ)**: analisa as propriedades de deterioração do óleo, como por exemplo, umidade, partículas metálicas, rigidez dielétrica e outros.

Todos os tipos de ensaios possuem periodicidade de 6 (seis) meses para cada equipamento. Entretanto, na evidência de alguma anormalidade em um parâmetro e observadas as normas

¹O sistema SAGE (Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia) é um software desenvolvido pelo CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) do Grupo Eletrobras e tem como objetivo a supervisão, controle e gestão de sistemas elétricos.

técnicas, este equipamento específico entra em monitoramento especial para o tipo ensaio em questão.

É crucial esclarecer esses conceitos, pois diversos indicadores fundamentais para a manutenção e operação dependem deles, tais como:

- O acompanhamento dos prazos de realização de cada ensaio, avaliando se estão atrasados ou dentro do programado.
- A análise realizada pelos especialistas, indicando se já foi avaliada e se um parecer foi fornecido ou não.
- O estado operacional dos equipamentos, distinguindo se estão em condição normal (com ensaios programados a cada 6 meses) ou se requerem atenção especial, com uma redução na periodicidade dos ensaios.

Considerando o contexto apresentado nesta seção de contextualização, é de extrema importância destacar a relevância do servidor A, que hospeda o SGBD do sistema de gestão de ativos da empresa de energia elétrica referente a este projeto.

Nas próximas seções da metodologia do projeto, serão detalhados os modelos de dados, as técnicas de Engenharia de Dados (coleta, modelagem, carga e análise), bem como a criação dos painéis de controle no SAC (SAP Analytics Cloud).

3. O projeto

3.1. Objetivo

3.1.1. Objetivo geral

- Desenvolver indicadores estatísticos para análises de desempenho dos processos de gestão de ativos de uma empresa do setor de energia elétrica, em um ambiente em nuvem e utilizando os conceitos da Engenharia de Dados, com a finalidade reduzir o tempo de análises preditivas sobre a manutenção dos ativos e contribuir na melhoria dos processos corporativos através da definição de um conjunto de métricas alinhadas com as necessidades dos usuários.

3.1.2. Objetivos específicos

- Coletar dados em fontes estratégicas, evolvendo os repositórios distintos de: ensaios periódicos; dados cadastrais; monitoramento on-line. Modelar e transformar estes dados de forma a padronizá-los em uma base única para correlações analíticas.
- Desenvolver um repositório único e centralizado na nuvem (data Warehouse) para a carga dos dados. O sincronismo e atualização dos dados deverão ser

mantidos de forma automática com periodicidade de atualização de, no mínimo, 1 (uma) vez por dia.

- Criar painéis gerenciais em um ambiente web para auxiliar nas análises dos indicadores. Estes deverão ter as funcionalidades comuns em dashboards, como por exemplo, controle de acessos, filtros vinculados entre os indicadores, lista de conteúdo para impressão etc.
- Disponibilizar nos painéis gerenciais, de forma rápida e intuitiva, gráficos de indicadores e ferramentas de análises que envolvam as perguntas de negócios. Quais sejam:
 - a. Existem ensaios periódicos em situação de atraso? Se sim, quais as criticidades dos atrasos e para quais ensaios isto acontece?
 - b. Existem ensaios realizados sem parecer da engenharia? Se sim, quais?
 - c. Existem equipamentos em situação de monitoramento especial cadastrados a partir de evidência de anormalidades dos ensaios. Se sim, quais as novas periodicidades atribuídas aos equipamentos e ensaios específicos que apontaram anormalidades?
 - d. Existem equipamentos com monitoramento on-line sem comunicação ou rede de comunicação off-line? Se sim, para quais monitoramentos?
 - e. Existem equipamentos com alarme ativo? Se sim, em quais equipamentos e localidades isto ocorre?
 - f. Existem equipamentos com grandes de monitoramento on-line com qualidade de aquisição problemática? Se sim, quais os problemas?
 - g. Existem avisos do sistema de gestão de ativos não reconhecido? Se sim, quais usuários não reconheceram os avisos? Quais os tipos de eventos?
 - h. Quais as quantidades de instalação por tipo (Subestação, Usina Hidrelétrica, Usina Térmica)? Quais as quantidades de equipamento por tipo?
 - i. Quais as quantidades e tipos de ensaios periódicos são realizados em certo período? Quantos pareceres dos ensaios foram realizados de forma automática e quantos manuais pelo mantenedor?
 - j. Qual a quantidade de tipos de monitoramento on-line? Quais os equipamentos possuem monitoramento on-line?

Em todas as perguntas, no caso de resposta afirmativa, se deseja conhecer em quais equipamentos específicos e quais localidades os problemas acontecem, apresentando-os em forma de relatório.

3.2. Considerações preliminares

O projeto está inserido na área de gestão de ativos de empresas de energia elétrica e pretende alcançar o maior valor possível dos bens da empresa, seja através da disponibilidade dos ativos

e/ou através da priorização investimentos, focando esforços nas áreas que precisam de mais atenção. A má gestão, ou mesmo a ausência dela, significa desperdiçar ativos, perder dinheiro ou deixar de contabilizá-lo.

Portanto, com o intuito de alcançar esse propósito, propõe-se a elaboração de um conjunto de indicadores estatísticos. Embora as metodologias para criar esses indicadores não sejam abordadas neste contexto, foram desenvolvidas com base nos seguintes critérios:

- Econômico.
- Segurança (ao meio ambiente, pessoas e sistema).
- Regulatório (segundo órgão competentes da área: ANEEL e ONS).
- Operacional.

Para maior clareza visual no design dos painéis gerenciais, o conjunto de indicadores será subdividido em 4 (quatro) painéis de acordo com a categoria dos dados, sendo as categorias:

- i. Ensaios periódicos (dados do laboratório).
- ii. Monitoramento on-line (dados do sistema de supervisão e controle – SCADA).
- iii. Avisos (notificações a partir de dados calculados pelas metodologias normativas implementadas no sistema de gestão de ativos).
- iv. Dados estatísticos (dados dos cadastros do sistema SAP ERP).

Neste sentido, o conjunto de indicadores do item *(i)* pode ser representado pelo diagrama de blocos da Figura 5.



Figura 5 - Diagrama de blocos para o conjunto de indicadores do processo de ensaios periódicos propostos.

O indicador 1 da Figura 5 Figura 6 retrata a situação dos prazos dos ensaios periódicos, o indicador 2 mostra a situação dos pareceres de ensaios (com rastreio da amostra) e o indicador 3 representa a qualidade de equipamentos em situação especial, ou seja, com periodicidade do ensaio reduzida por algum critério técnico.

Embora cada indicador da Figura 5 represente uma análise independente, é possível identificar uma sequência no processo e fazer análises cruzadas através da ferramenta de filtro vinculado da plataforma. Esta característica será abordada no próximo item, na seção de construção da solução.

Assim como o painel dos ensaios periódicos, o *dashboard* para a gestão do sistema de monitoramento on-line também apresenta três indicadores, como ilustrado na Figura 6.

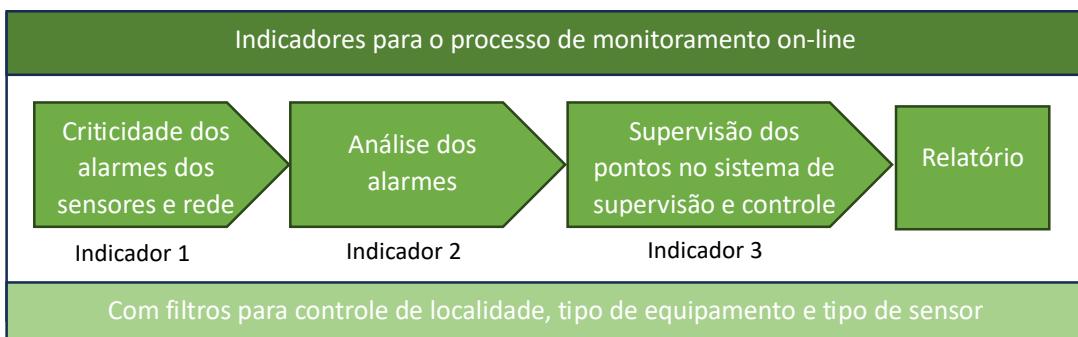


Figura 6 - Diagrama de blocos para o conjunto de indicadores do processo de monitoramento on-line propostos.

O indicador 1 da Figura 6 retrata o percentual de sensores e redes on-line e off-line, o indicador 2 mostra a quantidade de alarmes ativos e não ativos e o indicador 3 representa a qualidade dos dados no sistema de supervisão e controle, ou seja, qual dado está válido e inválido (se inválido, qual o motivo).

Os indicadores possuem filtros vinculados, ou seja, a partir de um filtro em um indicador qualquer os demais serão automaticamente ajustados. Todos os filtros possuem controle para o local de instalação (Subestação), tipo de equipamento (se instalado em transformado, ou reator, ou outro) e para o tipo de sensor (se é sensor de temperatura ou sensor de monitoramento de buchas, por exemplo).

Na Figura 7 é ilustrado o diagrama do painel gerencial de Avisos.

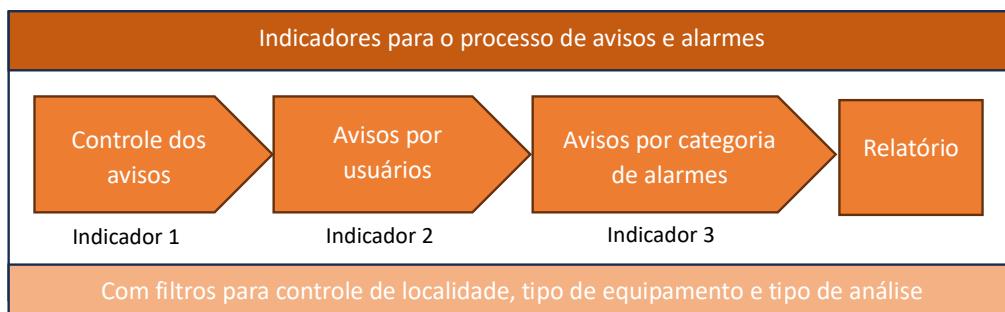


Figura 7 - Diagrama de blocos para o conjunto de indicadores do processo dos Avisos propostos.

A lógica dos indicadores é similar aos demais, sendo que o indicador 1 representa a quantidade de avisos reconhecidos e não reconhecidos, o indicador 2 a classificação destes por usuário e o indicador 3 a clusterização por tipo de análise, por exemplo: alarme de limite ultrapassado, alarme por falha de comunicação, alarme por variável inválida no sistema de supervisão e controle e outros.

Para concluir, define-se um conjunto de indicadores estatísticos relacionados ao sistema de gestão (dados cadastrais dos equipamentos e instalações). Nesse contexto, foram implementadas seis métricas para o painel de estatísticas, sendo:

- Instalações Monitoradas por Tipo - Esta métrica indica a quantidade de equipamentos de subestações, equipamentos de usinas hidrelétricas e equipamentos de usinas térmicas monitorados.
- Equipamentos com Monitoramento On-Line por Tipo - Aqui, apresenta-se a quantidade de sensores de buchas, sensores de temperatura e outros dispositivos de monitoramento em tempo real.

- Equipamentos com Monitoramento Preditivo por Ensaio - Esta métrica revela a quantidade de equipamentos que são monitorados com base em ensaios de gases e ensaios físico-químicos.
- Equipamentos por Tipo - Indica a quantidade de transformadores, reatores e comutadores presentes no sistema.
- Análise de Monitoramento On-line - Esta métrica detalha a quantidade de equipamentos que geraram alarmes e aqueles que não apresentaram alarmes durante o monitoramento em tempo real.
- Análise de Ensaio - Aqui, destacamos a quantidade de ensaios com parecer automático gerado pelo sistema e ensaios com parecer manual fornecido pelo operador.

Assim como os demais painéis, possui filtros de controle para: localidade; tipo de equipamento; Data de início de operação; Data do último ensaio; Classe de tensão; Classe de potência.

3.2.1. Ferramentas utilizadas

O cenário descrito nas considerações preliminares foi concebido através da aplicação de técnicas de Design Thinking. Todas as métricas, previamente delineadas nos objetivos específicos, foram cuidadosamente discutidas e elaboradas em colaboração com o cliente, uma grande empresa de geração e transmissão. Esta empresa gerencia uma grande variedade de tipos distintos de ensaios para mais de 3.000 equipamentos instalados nas subestações e usinas geradoras.

A fase prévia, chamada de etapa da empatia, foi primordial para obter uma visão geral do processo pelos olhos do cliente, suas necessidades e desejos. Em seguida passou-se para a etapa de definição, uma das mais complexas e desafiadoras, uma vez que envolveu a interpretação de todos os fatos adquiridos no processo de empatia.

A idealização das métricas propostas foi no sentido de encontrar uma solução que atendesse os anseios dos usuários. Foi uma etapa desafiadora, porém, fluída através de *brainstorming* e geração de possibilidades.

Os protótipos e teste foram realizados no próprio ambiente em nuvem da SAP. Inicialmente, as informações para construção dos indicadores eram carregadas manualmente no Data Warehouse do SAC através de arquivos flat, formato csv. Com isso, ganhou-se agilidade para tratar com o usuário o *design* da interface, as análises e os conceitos pré-definidos e descritos nos objetivos específicos do projeto. Na migração para a produção, optou-se em substituir a carga manual por um carregamento com atualização automática via *link* de banco de dados, descrito nas seções seguintes.

Mas, o que é o SAP Analytics Cloud (SAC)?

“Com a solução SAP Analytics Cloud, você combina funções analíticas e planejamento com uma integração exclusiva aos aplicativos da SAP e acesso fácil a fontes de dados heterogêneas.

Sendo a solução de análise e planejamento do SAP Business Technology Platform, o SAP Analytics Cloud oferece suporte a insights confiáveis e processos de planejamento integrados em toda a empresa para ajudar você a tomar decisões com segurança.”

Texto extraído de <https://www.sap.com/brazil/products/technology-platform/cloud-analytics.html>, acessado em 8 de setembro de 2023.

“As funções analíticas de computação na nuvem ajudam a simplificar o processo de coleta, integração, análise e apresentação de insights para melhorar a tomada de decisões de negócios.

O SAP Analytics Cloud pode se conectar a várias fontes de dados on premise e na nuvem, incluindo SAP HANA, SAP S/4HANA, SAP BW/4HANA, soluções SAP BusinessObjects, SAP Business Planning and Consolidation, SQL, OData, Google BigQuery e muitas outras. Para se conectar a fontes de dados on premise, você não precisa migrar nem replicar a solução para a nuvem.”

Texto extraído de <https://www.sap.com/brazil/products/technology-platform/cloud-analytics.html#:~:text=O%20SAP%20Analytics%20Cloud%20re%C3%A9ne,agilizar%20a%20toma%20de%20decis%C3%B5es>, acessado em 8 de setembro de 2023.

3.3. Coleta

A coleta dos conjuntos de dados para a nuvem se inicia a partir do Servidor A da Figura 4. A implementação dos links de comunicação e carga do conjunto de dados são descritas, resumidamente, no fluxograma de linhagem dos dados da Figura 8:

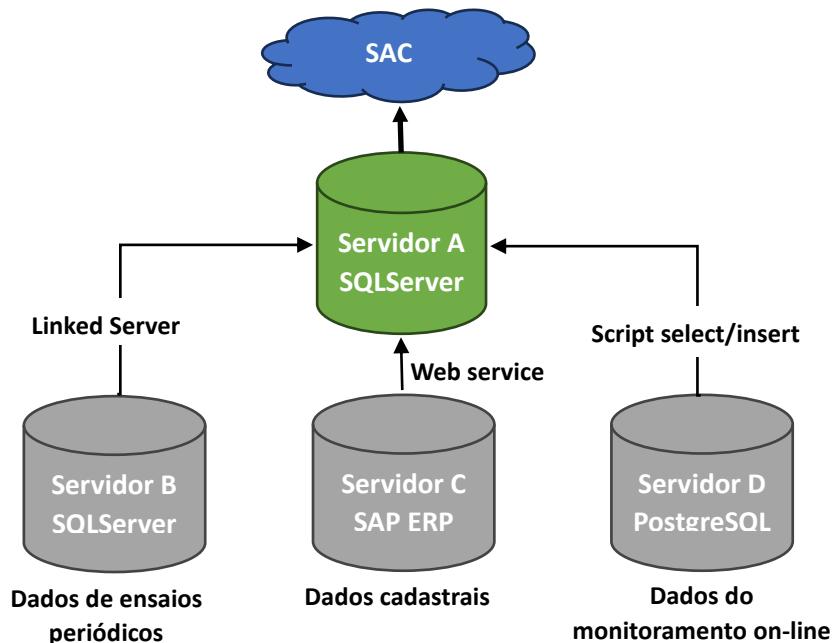


Figura 8 – Fluxograma de linhagem de dados.

Onde:

- **Linked server:** estabelecido entre os SGDB dos servidores A e B, uma vez que ambos fazem uso do SQL Server.
- **Web Service:** realizado através de um aplicativo de desenvolvimento próprio, um robô agendado de leitura e escrita entre os SGDB dos servidores A e C. Neste caso, não se tem acesso direto ao banco de dados do SAP ERP.

- **Script de select/insert:** aplicativo desenvolvido para integrar os SGDB dos servidores A (SQL Server) e D (PostgresSQL) através de um robô de select/insert. Neste caso, existe um acesso direto ao banco de dados histórico do sistema SCADA, o SAGE. Aqui não se optou por um *linked server* pois o robô implementa algumas regras de negócio relacionadas à qualidade dos dados e decodificação de alguns pontos de medição específicos.

Na hierarquia apresentada na Figura 8, algumas tabelas dos bancos de dados legados (representados em cinza) tiveram suas estruturas clonadas para o Servidor A. O relacionamento entre elas se dá pelo código SAP do equipamento, que é uma chave única. A Figura 9 mostra o diagrama de relacionamento simplificado entre as tabelas.

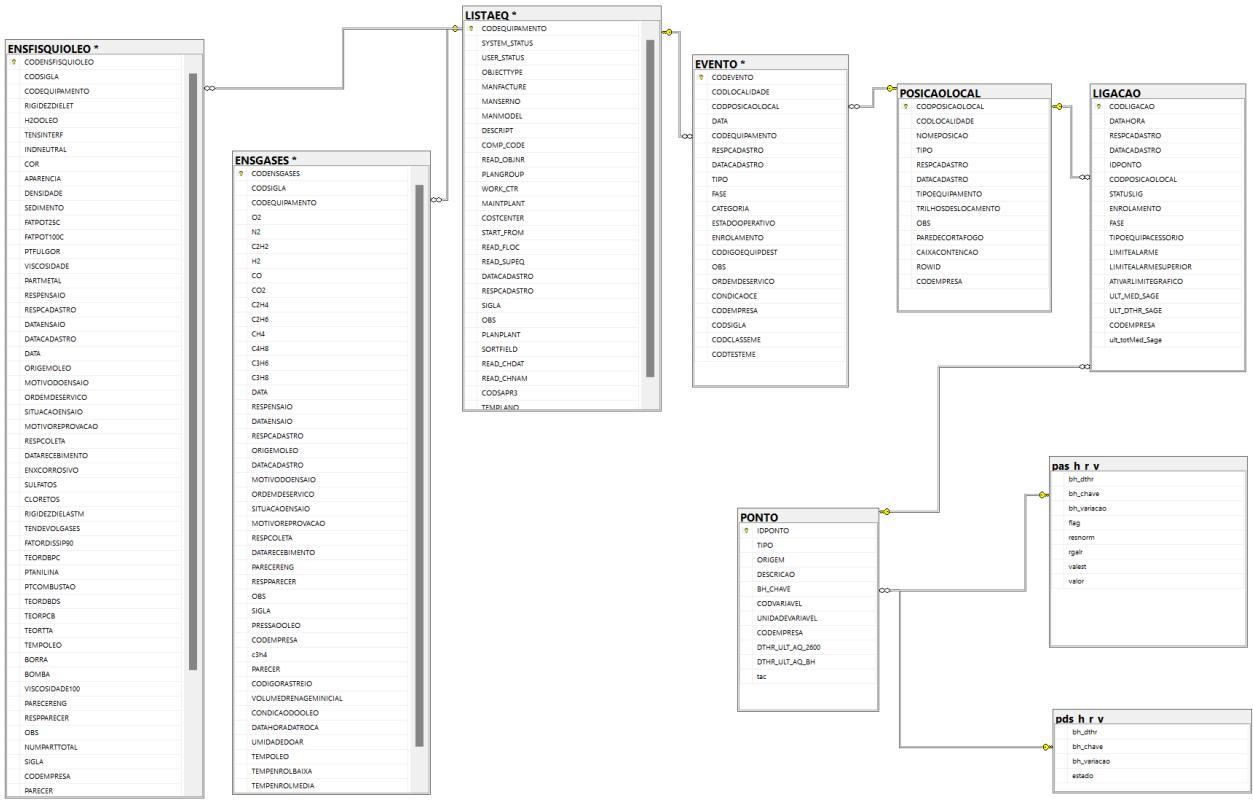


Figura 9 - Diagrama de relacionamento das tabelas envolvidas no projeto.

As descrições das tabelas do diagrama da Figura 9 são explicadas na Tabela 1, juntamente com a metodologia utilizada para extração dos dados.

Tabela 1 - Especificação das tabelas legadas para a etapa de coleta.

Nome da Tabela	Origem da Fonte de Dados	Método de Extração	Descrição da Tabela
LISTAEQ	SAP ERP	Robô de coleta	Recebe os dados cadastrais dos equipamentos.
ENSFISQUIOLEO	Laboratório de Análises Químicas	<i>Linked Server</i>	Armazena os dados históricos dos ensaios de Físico-Químico.
ENSGASES			Dados históricos dos ensaios de Gases.
EVENTO	BD próprio do Sistema de Gestão de Ativos	Não se aplica (cadastro próprio)	Conjunto de tabelas intermediárias para relacionar os equipamentos com seus respectivos monitoramentos on-line, passando pelo cadastro de posições físicas dos dispositivos nas subestações e sinônimo do ponto de medição.
POSICAOLOCAL			
LIGACAO			
PONTO			
PAS_H_R_V	BD histórico do SCADA (SAGE)	Robô de coleta	Dados analógicos em tempo real do sistema de monitoramento.
PDS_H_R_V			Dados digitais em tempo real do sistema de monitoramento.

Para a extração de dados utilizando os robôs de coletas, optou-se por desenvolver aplicações simples de leitura/escrita, da fonte de origem para na fonte destino. Os robôs foram configurados no agendador de serviço do servidor Windows e são executadas de acordo com a necessidade de cada atualização de dados. Por exemplo, atualização horária para os ensaios periódico advindos do laboratório e atualizações a cada minuto dos dados do monitoramento on-line. Estes dados são inseridos no modelo relacional desenvolvido.

A atividade de criação dos relacionamentos e compatibilidade entre os campos, em comum no modelo da Figura 9, mas, distintos nas fontes de dados de origem, não foi trivial e exigiu um grande esforço.

Para efeito de ilustração, segue um exemplo de criação de integridade entre as entidades PONTO e PAS_H_R_V. No primeiro momento o SGBD não aceitou o relacionamento devido aos tipos dos campos primários relacionados serem distintos, conforme ilustrado na Figura 10. A Crítica e a transformação dos tipos de dados foram tarefas importantes neste projeto.

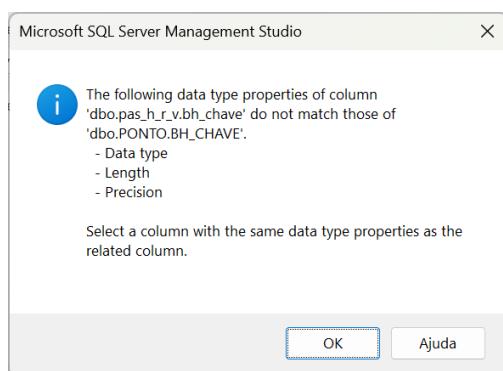


Figura 10 – Reconhecimento e tratamento de erros.

A Figura 11 mostra a quantidade de registros existentes em cada entidade a ser modelada no projeto.

```

SQLQuery1.sql - s1...23 (diane_dev (56))*
select 'LISTAEQ' as 'Nome da Tabela', count(*) as Qauntidade from LISTAEQ
union all
select 'ENSGASES' as 'Nome da Tabela', count(*) as Qauntidade from ENSGASES
union all
select 'ENSFISQUIOLEO' as 'Nome da Tabela', count(*) as Qauntidade from ENSFISQUIOLEO
union all
select 'PAS_H_R_V' as 'Nome da Tabela', count(*) as Qauntidade from PAS_H_R_V
union all
select 'PDS_H_R_V' as 'Nome da Tabela', count(*) as Qauntidade from PDS_H_R_V
  
```

	Nome da Tabela	Qauntidade
1	LISTAEQ	37001
2	ENSGASES	31359
3	ENSFISQUIOLEO	26270
4	PAS_H_R_V	21182
5	PDS_H_R_V	11754

Query executed successfully. | 00:00:00 | 5 rows

Figura 11 - Quantidade de registros por entidade.

A persistência preliminar dos dados coletados foi realizada em um SGDB, Servidor A. A escolha desta estratégia se justifica pela complexidade dos distintos dados e da necessidade de um pré-modelamento, pois a plataforma do SAC não oferece todos os recursos necessários para alcançar os objetivos. A persistência na nuvem será explicada nos próximos itens.

3.4. Modelagem

A modelagem dos dados foi dividida em duas partes:

- Modelo relacional prévio em SQL Server (no Servidor A).
- Modelagem na nuvem do SAC.

A modelagem prévia se justificou pelos seguintes motivos:

- Tratamento de algumas incompatibilidades de tipos de campos, tamanhos e outros nas entidades envolvidas na coleta de dados.
- Melhoria do desempenho, pois, apesar de todos os dados históricos das diversas fontes serem importantes para o SBBD do sistema de gestão, servidor A, nem todo histórico de ensaios e de medições on-line necessitaria ser carregado para o SAC. Para a construção dos indicadores propostos, somente os últimos registros de cada equipamento e cada ensaio precisam ser sobre-carregados na nuvem.

A respeito a modelagem prévia, foram construídas algumas visões de banco (*view*) com finalidade de encapsular especificamente as grandezas de interesse para posteriormente carregar na nuvem.

Os dados das *views* foram correlacionados com dados referentes ao plano de manutenção do sistema de gestão. Isto foi imprescindível para inserir a condição de operação dos equipamentos frente aos resultados dos ensaios, ou seja, se existe monitoramento especial para equipamento x no ensaio y (condição de anormalidade) ou se esta dupla está no plano periódico normal.

A modelagem previa, desenvolvida no SQL Server do Servidor A é apresentada na Figura 12. As *views* fazem consultas diretas às entidades de dados correspondentes à linhagem dos dados, mostrada na Figura 9.

```

Object Explorer
Connect ▾
System Views
dbo.EQUIPAMENTO
dbo.Estatisticas_SAC
dbo.Gerencia_Avisos
dbo.Gerencia_Monit
dbo.Gerencia_Monit_SAC
dbo.Gerencia_Quartent
dbo.Gerencia_Quartent_FRAT
dbo.Gerencia_Quartent_oleo
dbo.Mapa_Controle_2Fal
dbo.Mapa_Controle_AGD
dbo.Mapa_Controle_FQ
dbo.Mapa_Controle_FQ2
dbo.Mapa_Controle_FRAT
dbo.Mapa_Controle_GP
dbo.Mapa_Controle_Preditivas
dbo.Mapa_Controle_RIT
dbo.pas_h_v.FLAG
dbo.pas_h2600.FLAG
dbo.pds_h_r_v.FLAG
dbo.VIEW_CATALOGOENS2FAL
dbo.VIEW_CATALOGOENSISQUOLEO
dbo.VIEW_CATALOGOENSGASES
dbo.VIEW_CATALOGOETIQUETACOLEAOLEO
External Resources

S154-44.DianeProd2...ontrole_Preditivas* ▾
sqlMapa
Close (Ctrl+F4)
(All Columns)
Regional
Localidade
Tipo
Id_Operacional
Cod_Identificacao
Num_Serie
Fabricante
Metodo_Analise
Periodicidade_emDias
Data_Ultimo_Evento

Column Alias Table Output Sort Type Sort Order Filter Or... Or...
Regional sqlMapa sqlMapa
Localidade sqlMapa
Tipo sqlMapa

SELECT Regional, Localidade, Tipo, REPLACE(REPLACE(REPLACE(Id_Operacional, CHAR(10), ','), CHAR(13), ','), CHAR(9, )) AS Id_Operacional, C
THEN CAST('1900-12-30' AS datetime) ELSE Data_Ultimo_Evento END AS Data_Ultimo_Evento, REPLACE(REPLACE(REPLACE(
THEN 4-'Aguardando Parecer' WHEN Situacao_Ensaio = 'Pronto para Envio' THEN '1-Pronto para Envio' WHEN Situacao_Ensaio = 'Envia
= 'Aguardando Análise LACEN' THEN '3-LACEN (Recep/Agu.Análise/Em Análise)' WHEN Situacao_Ensaio = 'Em análise' THEN '3-LAC
= 'Em Análise - LACEN' THEN '3-LACEN (Recep/Agu.Análise/Em Análise)' WHEN Situacao_Ensaio = 'Aguardando Análise' THEN '3-L
= 'Pendente' THEN 7-'Pendente LACEN' WHEN Situacao_Ensaio = 'Aguardando Parecer' THEN '4-Aguard. Parecer' WHEN Situacao_E

```

Figura 12 - Modelo prévio construído por visões de banco.

O modelo mostra vinte e três *views*, porém, elas foram encapsuladas em 4 (quatro) *views*, que serão utilizadas para carga na nuvem do SAC. Estes agrupamentos obedecem ao critério de análise técnica para classificação de dados, mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Definição das visões de banco para carga na nuvem do SAC.

Nome da <i>view</i>	Análise técnica	Finalidade da <i>view</i>
Mapa_Condtrole_Preditivo	Ensaios periódicos	Agrupar as informações de todos os ensaios periódicos de todos os equipamentos.
Gerencia_Monit_SAC	Monitoramento On-line	Listar as informações de todos os monitoramentos em tempo real de todos os equipamentos.
Gerencia_Avisos	Avisos e alarmes	Mostrar todos os avisos e alarmes de todos os equipamentos.
Estatísticas_SAC	Estatísticas do sistema de gestão	Calcular as quantidades de todas as grandezas constantes nas demais <i>views</i> .

Para melhor entendimento do modelo, o catálogo de dados será mostrado a seguir.

3.4.1. Catálogo de dados

Nesta seção serão apresentados os quatros catálogos de dados referentes às *views* que carregarão o DW do SAC. Inicialmente, apresenta-se o catálogo de dados dos Ensaios Periódicos da Tabela 3.

Tabela 3 - Catálogo de dados para a visão dos ensaios periódicos.

Nome do campo	Tipo	Descrição do campo	Domínio
REGIONAL	varchar(100)	Nome da Regional.	-
LOCALIDADE	varchar(150)	Nome da Subestação ou Usina Térmica/Hidrelétrica.	-
TIPO	varchar(50)	Tipo do equipamento.	Transformador; Reator; Comutador; Buchas.
ID_OPERACIONAL	varchar(50)	Identificador Operacional do equipamento na planta	-
COD_IDENTIFICACAO	varchar(50)	Código Único do SAP ERP.	-
NUM_SERIE	varchar(100)	Número de série.	-
FABRICANTE	varchar(100)	Nome do fabricante.	-
TIPO_ENSAIO	varchar(100)	Tipo do ensaio laboratorial.	Gases; Físico-Químico.
PERIODICIDADE_EMDIAS	float	Periodicidade atual do equipamento para o ensaio.	-
DATA_ULTIMO_EVENTO	datetime	Data do último ensaio.	-
PARECER_ENGENHARIA	varchar(100)	Parecer técnico do ensaio.	-
SITAUCAO_ENSAIO	varchar(100)	Situação (<i>status</i> atual) do ensaio.	Pronto para Envio; Em trânsito; No Laboratório; Aguardando Parecer; Aguardando Reamostragem; Aprovado; Sem Histórico de Ensaios; Em Cadastramento.
DATA_PROXIMO_ENS	datetime	Data do próximo ensaio.	-
PROXIMO_ENS_EM_DIAS	float	Quantidade dias que faltam para o próximo ensaio.	-
SITUACAO_PRAZOS	varchar(50)	Situação dos prazos de vencimento dos ensaios.	Evento vencido; Evento vencido – na tolerância da ANEEL; Menos de 30 dias para o vencimento; Mais de 30 dias para o vencimento.
EM_QUARENTENA	varchar(10)	Se possui cadastro de Monitoramento Especial.	Sim; Não.
MOTIVODAQUARENTENA	varchar(256)	Motivo do Monit. Especial.	-
LATITUDE	float	Latitude da instalação.	-
LONGITUDE	float	Longitude da instalação.	-
CODIGORASTREIO	int	Código de rastreio para acompanhar a amostra.	-
ESTADOOPERATIVO	varchar(50)	Estado operativo do equip.	Em serviço; Em conserto; Retirado de Serviço.

O catálogo de dados da view dos Monitoramento On-line é mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Catálogo de dados para a visão de monitoramento on-line.

Nome do campo	Tipo	Descrição do campo	Domínio
REGIONAL	varchar(100)	Nome da Regional.	-
LOCALIDADE	varchar(150)	Nome da Subestação ou Usina Térmica/Hidrelétrica.	-
TIPO	varchar(50)	Tipo do dispositivo de monitoramento.	Monitor de Buchas (BM); Rede.
EQUIP_IED	varchar(50)	Identificar operacional do dispositivo de monitoramento.	-
REDE	varchar(100)	Nome da rede de comunicação.	-
STATUS_ALARME	varchar(100)	Situação do Alarme do dispositivo de monitoramento.	On-line; Off-line; Não disponível.
STATUS_REDE	varchar(100)	Situação da rede de comunic.	On-line; Off-line; Sem Rede.
STATUS_SAGE	varchar(100)	Situação dos pontos de medição on-line do SAGE.	Ok; Ponto Inválido; Não disponível.
IP_REDE	varchar(100)	Número do IP do dispositivo de comunicação de campo.	-
END_BM	int	Número identificador do dispositivo de monitoramento.	-
PARECER_ENG	varchar(256)	Parecer técnico da engenharia no caso de alarme.	-
DATA_ANALISE	datetime	Data do relatório técnico no caso de alarme.	-
EM_QUARENTENA	varchar(10)	Se possui cadastro de Monitoramento Especial.	Sim; Não.
CODIGOIDENTIFICACAO	varchar(100)	Código de identificação do equipamento do monitoramento.	-
LATITUDE	float	Latitude da instalação.	-
LONGITUDE	float	Longitude da instalação.	-

O catálogo de dados da view dos Avisos e Alarmes é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Catálogo de dados para a visão de Avisos e Alarmes.

Nome do campo	Tipo	Descrição do campo	Domínio
REGIONAL	varchar(100)	Nome da Regional.	-
LOCALIDADE	varchar(150)	Nome da Subestação ou Usina Térmica/Hidrelétrica.	-
ID_OPERAQCIONAL	varchar(100)	Identificador Operacional do equipamento na planta	-
COD_SAP_R3	varchar(50)	Código único do SAP ERP.	-
AVISO_ATIVO	varchar(10)	Informa se o Aviso de alguma anormalidade está ativo ou não.	Sim; Não.
DATA_EVENTO	datetime	Data da ocorrência do Aviso.	-
DATA_EMAIL	datetime	Data de envio do e-mail do Aviso.	-
DEFEITO	varchar(256)	Nome da análise da anormalidade avisada/alarmada.	-
GRAU_DEFEITO	float	Grau de risco da anormalidade.	[0...1]
AVISO_RECONHECIDO	varchar(10)	O aviso foi reconhecido?	Sim; Não.
DATA_RECON_AVISO	datetime	Data do reconhecimento	-
TIPO_EQP	varchar(50)	Tipo do equipamento	Transformador; Reator; Comutador; Buchas.
LATITUDE	float	Latitude da instalação.	-
LONGITUDE	float	Longitude da instalação.	-

O catálogo de dados da *view* das estatísticas do sistema é mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Catálogo de dados para a visão de Estatísticas do sistema.

Nome do campo	Tipo	Descrição do campo	Domínio
REGIONAL	varchar(100)	Nome da Regional.	-
LOCALIDADE	varchar(150)	Nome da Subestação ou Usina Térmica/Hidrelétrica.	-
TIPO	varchar(50)	Tipo do equipamento.	Transformador; Reator; Comutador; Buchas.
COD_IDENTIFICACAO	varchar(100)	Código SAP ERP do equipamento.	-
QDEAGD	int	Quantidade de ensaios de Gases.	-
QDEFQ	int	Quantidade de ensaios de FQ.	-
TIPOLOCAL	Varchar(50)	Tipo de localidade.	Subestação; Usina Térmica; Usina Hidrelétrica.
QDEBM	int	Quantidade de dispositivos de monitoramento de buchas (BM).	-
QDEREDE	int	Quantidade de dispositivos de comunicação.	-
QDEALMFALSO	int	Quantidade de alarmes falso	-
QDEALMVDD	int	Quantidade de alarmes verdadeiros.	-
QDEPARECERD	int	Quantidade de pareceres técnicos automáticos pelo sistema.	-
QDEPARECERND	int	Quantidade de pareceres técnicos manuais pelo mantenedor.	-
LATITUDE	float	Latitude da instalação.	-
LONGITUDE	float	Longitude da instalação.	-

Estas *views* serão linkadas à nuvem do SAC através de ferramentas de carga lá disponível, conforme mostrado na próxima seção.

3.5. Extração, Transformação e Carga de dados na nuvem

Nesta seção será detalhada a carga de dados na nuvem do SAC. A Figura 13 mostra a tela de boas-vindas, aberta após a validação do usuário (dada a política de controle de acesso).



Figura 13 - Tela de boas-vindas do SAC.

A tela mostrada na Figura 14 é o ponto central das ferramentas de criação e carga de dados. Para melhor gerenciar o projeto, foi criado um ficheiro chamado Engenharia de Dados, que, até o presente momento, está vazio e necessita da criação Modelo (de dados) ou de um Conjunto de Dados. Posteriormente, estes dados serão usados nas Histórias (Dashboards).

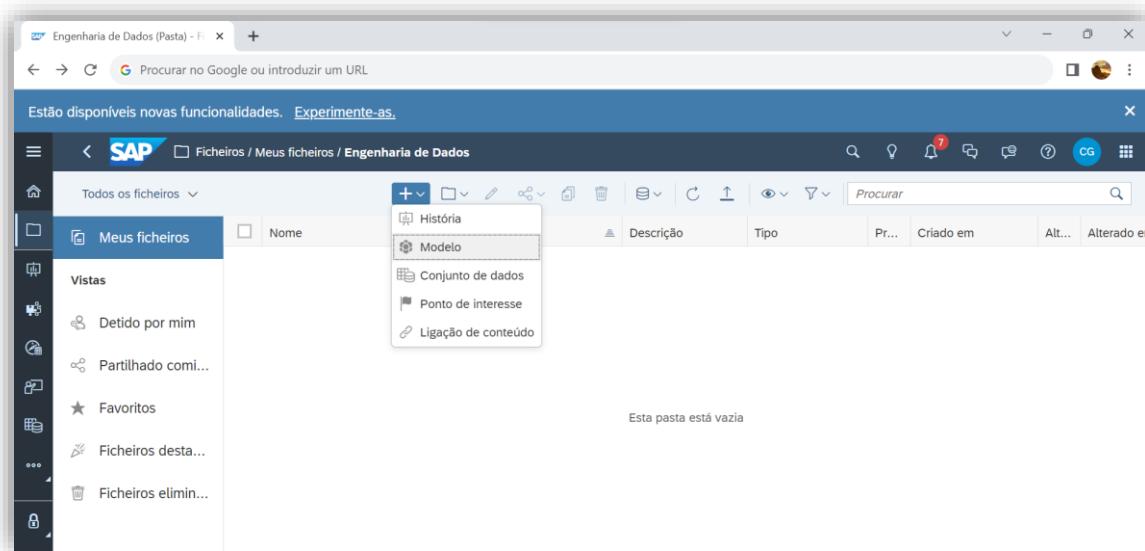


Figura 14 - Tela inicial de carga de dados e criação.

No item 4.2.1. foram especificadas as conexões disponíveis para persistência na nuvem. Entretanto, será utilizada a conexão Banco de dados SQL para atender ao requisito mostrado na Figura 8.

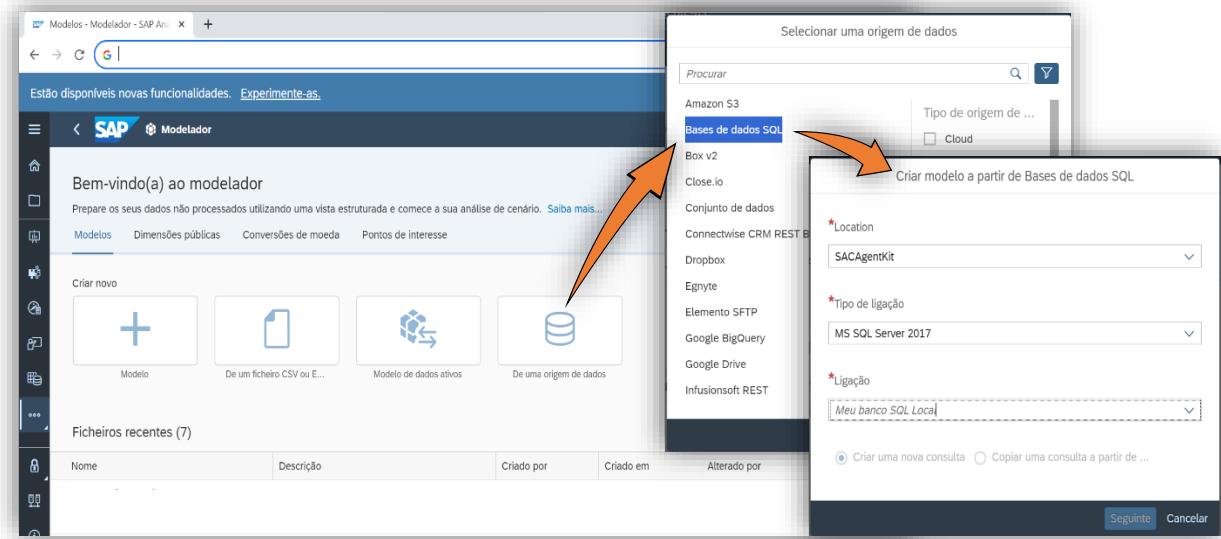


Figura 15 - Tela da ferramenta de importar dados.

A partir deste ponto, o SAC chama o servidor especificado no campo Ligaçao, mostrado na Figura 15, e abre uma lista de fonte de dados deste. Após, define-se a fonte de interesse para a carga, no caso a view Mapa Controle Preditivo (definida na Tabela 2). A Figura 16 retrata esta configuração.

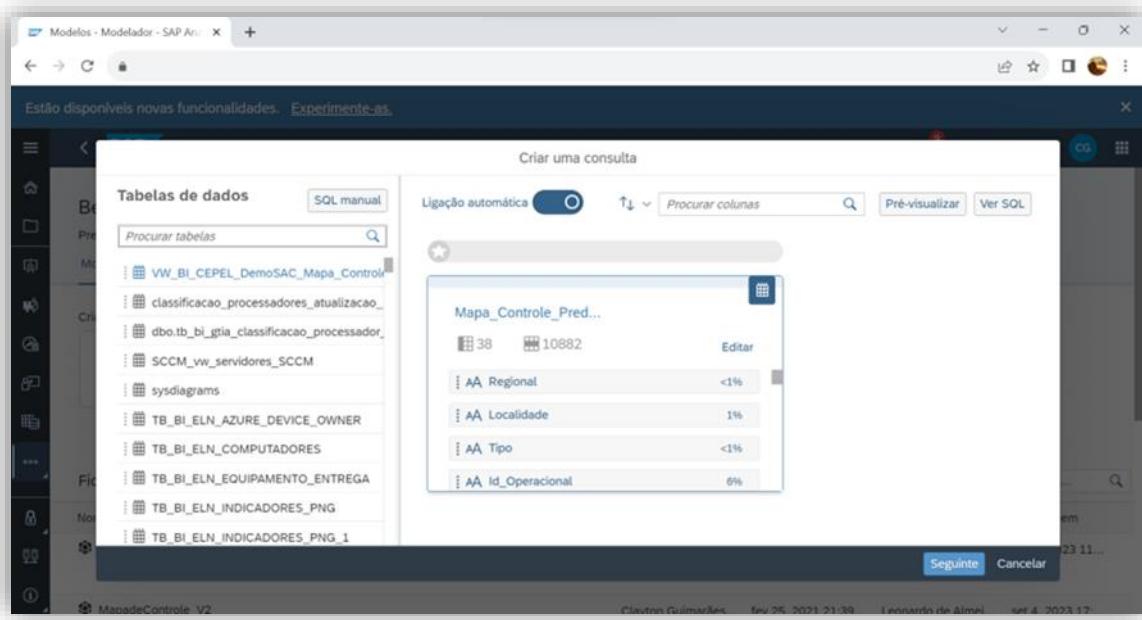


Figura 16 - Tela das fontes de dados vinculadas à nuvem do SAC.

Em seguida, a ferramenta de carga do SAC abre as informações carreadas em uma área de rascunho para verificação da qualidade dos dados. Observe que na Figura 17 está selecionado o campo REGIONAL (à esquerda) e as informações de qualidade dos dados estão mostradas com uma barra verde (à direita), informando que não foi detectado problemas de qualidade.

Figura 17 – Área de rascunho para transformação dos dados.

Nesta etapa preliminar, o SAC oferece uma importante ferramenta de transformação. No projeto foi utilizada para transformar a notação de separador de decimal das medidas LATITUDE e LONGITUDE, de vírgula para ponto, ou seja, cada vez q o SAC atualizar o modelo dos dados do SQL Server, esta transformação será aplicada.

A Figura 18 mostra as etapas da transformação do separador de decimal da medida LATITUDE, observe que a qualidade dos dados mudou da situação problemática (barra vermelha) para a situação sem problemas (barra verde). Outro exemplo de transformação pode ser dado na mudança do tipo campo, aqui a REGIONAL é do Genérico, ou seja, *caractere*.

The screenshot displays two instances of the SAP Modelador interface. The top instance shows a context menu open over a table row, with options such as 'Concatenar', 'Dividir', 'Extrair', 'Substituir', and 'Alterar'. The bottom instance shows the detailed configuration for a dimension named 'LATITUDE', including its type as 'Medida' and its value as '1,587,370.50'. The right side of both screens shows the 'Qualidade dos dados' (Data Quality) section.

Figura 18 – Ferramenta de Transformação do SAC.

Ainda no ambiente de rascunho, o SAC oferece algumas ferramentas de modelagem. No projeto foi utilizada para criar uma medida do tipo de coordenadas geográficas (em graus decimais) chamada LOCALIDADEGEOREF, responsável por juntar as medidas LATITUDE e LONGITUDE e atribuindo a uma chave primária de LOCALIDADE, conforme ilustrado na Figura 19.

The screenshot shows the SAP Modelador interface with a context menu open over a table. The menu includes options like 'Coordenadas' and 'Jordena...'. On the right, a dimension configuration dialog for 'LocalidadeGeoRef' is displayed, showing fields for 'Nome da dimensão' (Nome da dimensão), 'Identificadores' (ID de localização), 'Coordenadas' (Latitude and Longitude), and 'Modelação' (Type: Point ST). The 'Qualidade dos dados' section indicates no detected data quality issues.

Figura 19 – Criação da medida Coordenadas (georreferenciamento).

Finalmente, sem mais nenhuma transformação pertinente, finaliza-se a etapa clicando no botão Criar modelo (cor azul), Figura 20. O SAC aplicará as transformações para todo o modelo e finalizará para a próxima etapa, a de atualização do modelo referente aos ensaios periódicos.

Figura 20 – Finalização da etapa de Extração, Transformação e Carga para os dados dos ensaios periódicos.

A Figura 21 mostra a ferramenta de atualização agendada dos dados extraídos do SQL Server do Servidor A. Também é possível configurar o recebimento de e-mail caso a atualização não atinja sucesso. No projeto, a atualização dos dados dos ensaios periódicos, desde o laboratório até o SAC, será a cada hora.

Figura 21 – Ferramenta de atualização agendada do SAC.

As definições da importação perante as atualizações são apresentadas na Figura 22.

The screenshot shows the SAP Modeler interface with the following details:

- Toolbar:** Includes buttons for General, Edit, Data, View, and Validation.
- Left Sidebar:** Shows the workspace structure with "Área de trabalho" expanded to "Gestão de dados".
- Central Area:**
 - Tarefas de importação/exportação:** A table showing a single task named "Demonstração - Mapa de Controle" which imports from "MS SQL Server 2017" and runs "Por hora" (Every hour).
 - Tarefas de exportação:** A table showing no previous exports.
- Right Panel:**
 - Definições de importação:** Set to "Actual (Actuals)".
 - Método de importação:** Set to "Atualizar".
 - Outras opções:**
 - Atualizar dimensão com novos valores
 - Inverter o sinal dos dados com base no tipo de conta
 - Preencher as células de ID vazias com o valor "#"

Figura 22 – Definições da importação para a atualização.

Por fim, o modelo está completo e disponível para a alimentar os *dashboards*. A Figura 23 mostra uma visão geral do modelo de dados e sua arquitetura.

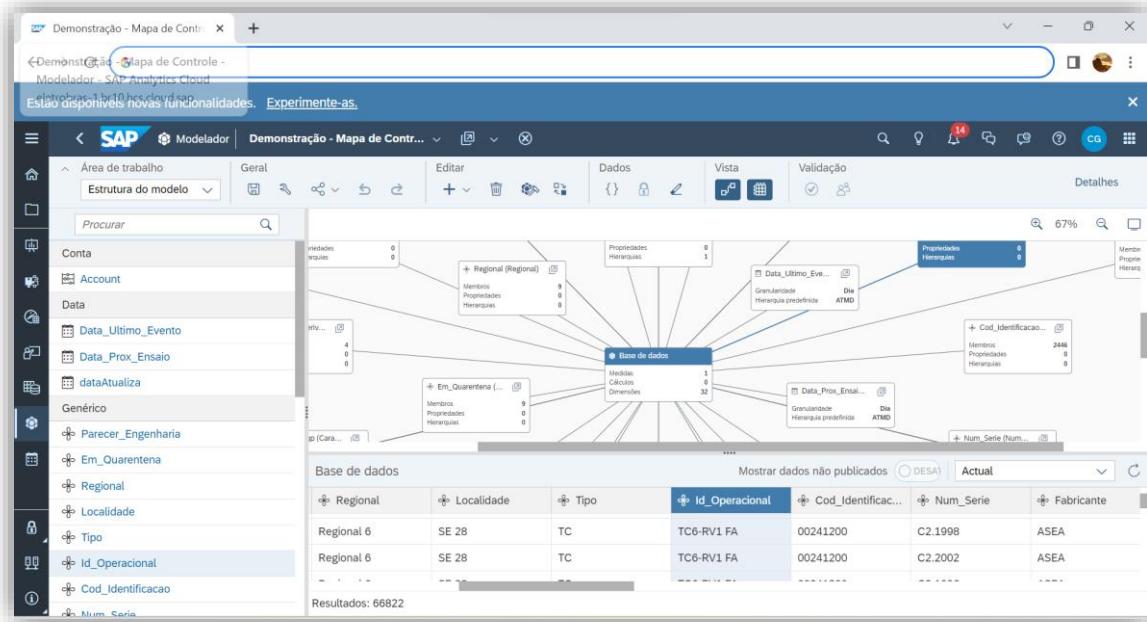


Figura 23 – Visão geral do modelo de dados para os ensaios periódicos.

A metodologia de carga de dados dos outros três modelos (monitoramento on-line, alertas e estatísticas) segue o mesmo padrão do modelo de dados dos ensaios periódicos. Portanto, não é necessário replicar a documentação referente à transformação e persistência dos dados na plataforma em nuvem.

3.6. Análise

A presente seção será dividida em três partes, correspondendo a análise de qualidade dos dados, da solução do problema de forma correta, correlacionando as discussões a partir das respostas obtidas para as questões dos objetivos específicos.

3.6.1. Análise de qualidade dos dados

Cabe ressaltar que os dados que compõem o escopo do projeto são oriundos das múltiplas fontes de dados mostradas na Figura 8. Além disso, destaca-se, a característica de modelagem prévia, no servidor SQL Server, e a modelagem na nuvem do SAC, descritas no item 3.4.

A respeito da análise de qualidade de dados no servidor SQL Server, vários foram os critérios para aceitação da coleta dos dados, por exemplo:

- Para os ensaios periódicos:
 - A data da coleta da amostra de óleo deve ser anterior à data de análise no laboratório. Uma regra que pode parecer trivial, porém, foram encontrados casos em que a data da coleta da amostra era posterior, evidenciando erros de entrada de dados manual no sistema do laboratório.
 - As datas da coleta da amostra e da análise não podem ser nulas. Alguns casos recusados pela regra, pois não seria possível calcular o atraso do ensaio.
 - O equipamento ensaiado deve existir (ser cadastrado) no SAP e no sistema de gestão da manutenção. Aqui, dezenas de casos de dados desatualizados no SGBD do laboratório.
 - O tipo do equipamento referente ao ensaio deve ser igual ao do SAP e do sistema de gestão da manutenção. Também alguns casos de um equipamento X ser do tipo transformador no SGBD do laboratório e um reator no SGBD do sistema de gestão.
- Para o monitoramento on-line:
 - A data de amostragem da medida não pode ser superior a 1 (um) dia.
 - A flag de qualidade da grandeza aquisitada, intrínseca do protocolo de comunicação, tem que apontar para variável válida (sem erro de aquisição).
 - O ID do ponto de medição (chave primária no sistema de supervisão e controle) tem que estar cadastrado no sistema de gestão para correlação a um equipamento específico.

Com referência à análise da qualidade de dados na nuvem os critérios para aceitação da coleta dos dados foram mostrados na Figura 17, Figura 18 e Figura 19.

3.6.2. A construção da solução

A apresentação da solução será por *dashboards* construídos a partir da tela inicial de criação do SAC da Figura 14. No caso, a opção selecionada é História (a forma como o SAC chama os projetos de *dashboards*).

Escolhendo criar uma história, tem-se a opção de utilizar uma tela responsiva, que ajusta os elementos gráficos utilizados de forma automática independente do dispositivo, seja um computador, tablet ou celular.

A Figura 24 mostra a tela inicial vazia. Os elementos disponíveis para construção estão na parte lateral e superior da área de desenvolvimento, basta arrastá-los e escolher a forma conveniente de representação. Cada elemento gráfico inserido no projeto deve ser relacionado a um modelo de dados, criados na seção anterior.

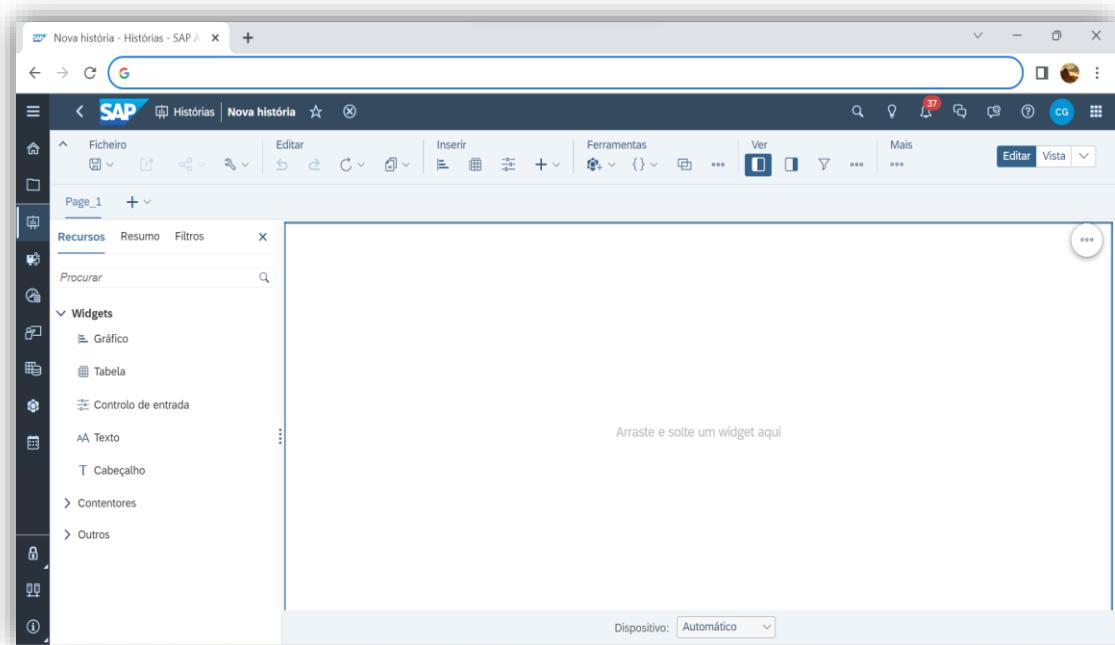


Figura 24 - Tela inicial do painel de gestão.

Foram criadas quatros histórias no projeto, de forma a categorizar os problemas de forma clara e organizada. As histórias, mostradas no destaque da Figura 25, são como abas no dashboards, sendo nomeada como:

- Gerenciamento de Ensaios.
- Gerenciamento de Monitoramento.
- Gerenciamento de Avisos.
- Estatísticas.

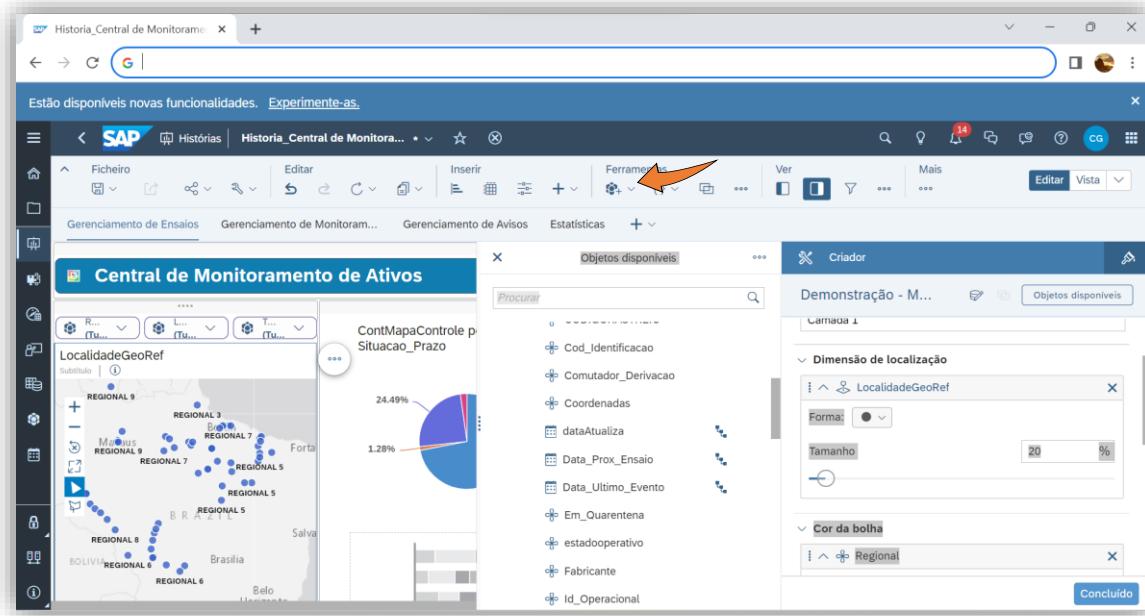


Figura 25 - Apresentação inicial da construção da solução.

A construção da história (*dashboard*) do Gerenciamento de Ensaios será apresentada detalhadamente aqui para fins didáticos. As demais histórias seguirão uma metodologia semelhante.

A Figura 25 apresenta ainda alguns elementos gráficos inseridos e sendo configurados. Neste exemplo, tem-se: elemento de mapa georreferenciado, três botões de controle e um gráfico circular (gráfico de pizza).

O gráfico georreferenciado possui análises vinculadas para toda a página, ou seja, é possível disponibilizar análises sobre as métricas a partir de cada subestação ou de toda empresa ou apenas as métricas por região da federação, como ilustrado na Figura 26.

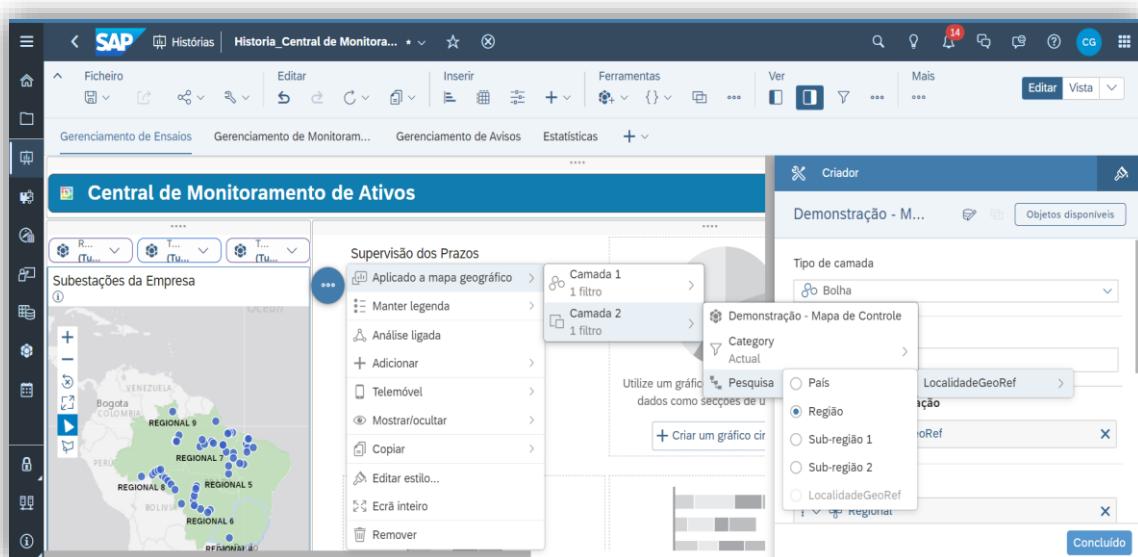


Figura 26 - Configuração do elemento gráfico do mapa georreferenciado.

A seguir passa-se para a configuração do gráfico de pizza que retrata o indicador de prazo dos ensaios e a criticidade do atraso, a Figura 27 ilustra a aplicação das cores da criticidade. A associação das cores do risco com a análise indicador será explicada no próximo item.

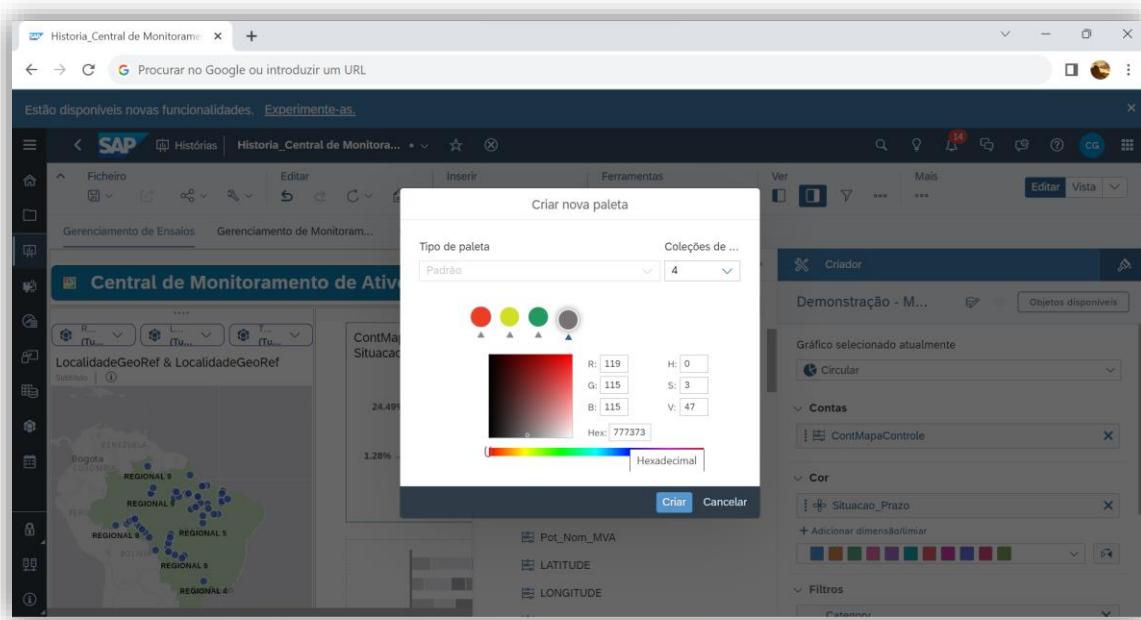


Figura 27 - Configuração do indicador de prazos e criticidade do atraso dos ensaios.

Um outro elemento de análise importante é a correlação dos atrasos (Situação do Prazo) por subestação (Localidade), inserido e mostrado na Figura 28.

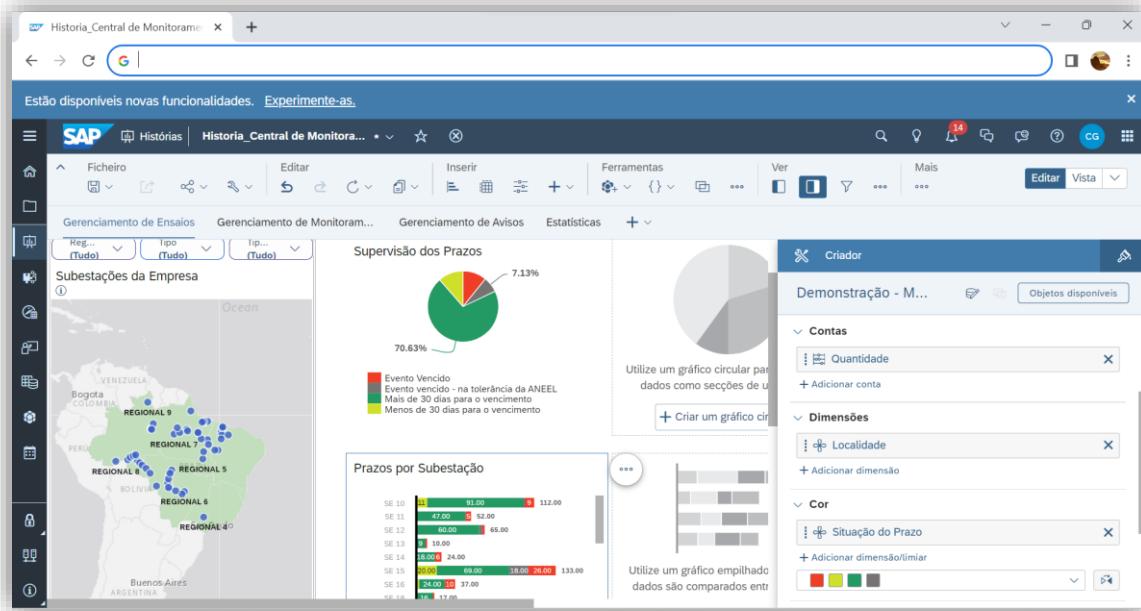


Figura 28 - Indicador de prazos por subestação.

Para atender ao critério do relatório, inseriu um elemento de tabela e o nomeou de Mapa de Controle dos Ensaios Preditivos, conforme na configuração da Figura 29.

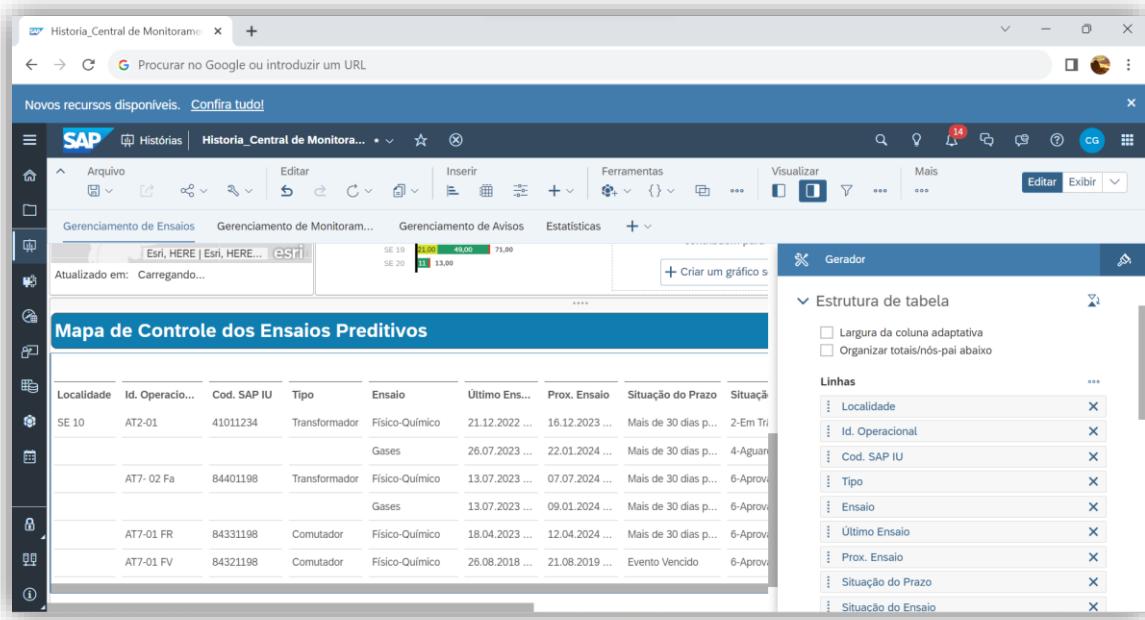


Figura 29 - Configuração do mapa de controle dos ensaios preditivos.

Inseridos os elementos representativos da métrica de atrasos dos ensaios periódicos, passa-se para a configuração da análise vinculada entre os elementos, ou seja, a possibilidade de um filtro em um elemento (com o clicar do mouse) filtrar outros elementos automaticamente. A Figura 30 apresenta esta etapa.

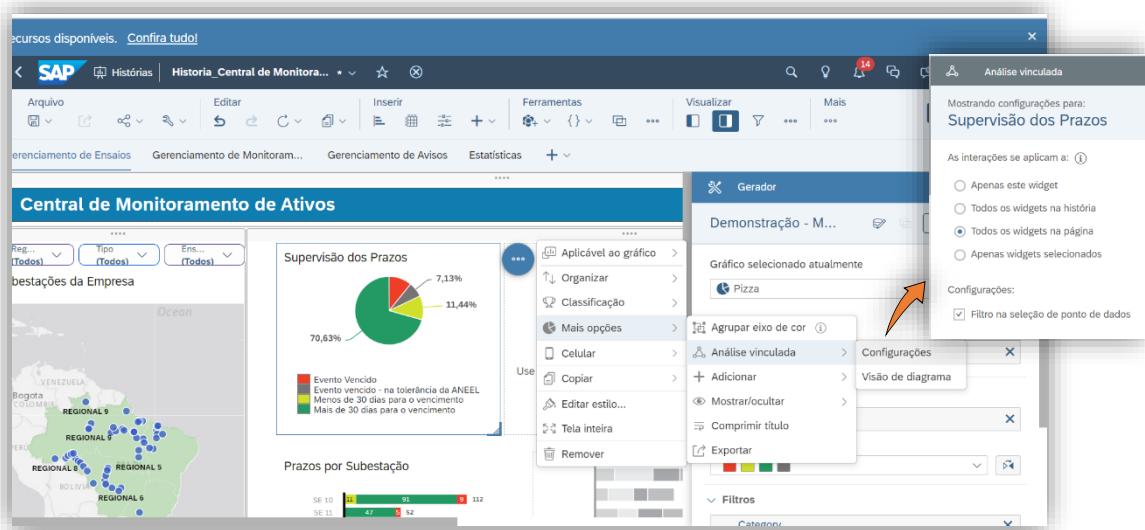


Figura 30 - Análise vinculada entre os elementos gráficos.

Finalmente, tem-se a solução completa para um dos indicadores (Supervisão dos Prazos) da história do Gerenciamento de Ensaios, como na Figura 31.

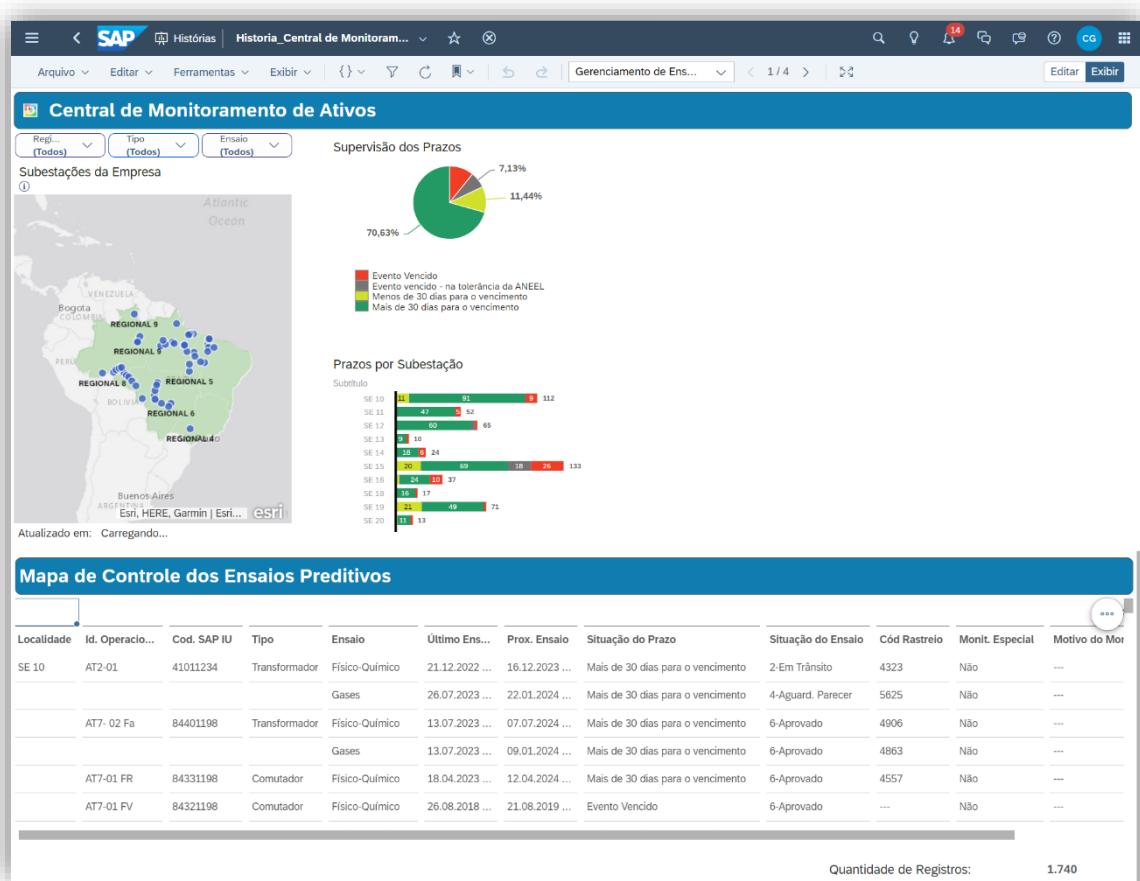


Figura 31 - Solução final para o indicador de Supervisão dos prazos para os ensaios.

Em um teste rápido, aplica-se a condição: mostrar todos os ensaios do tipo Físico-químico de transformadores da Regional 6, vencidos há mais de 30 dias. O resultado é mostrado na Figura 32 e foi validado diretamente na fonte de dados através de uma consulta complexa em SQL.

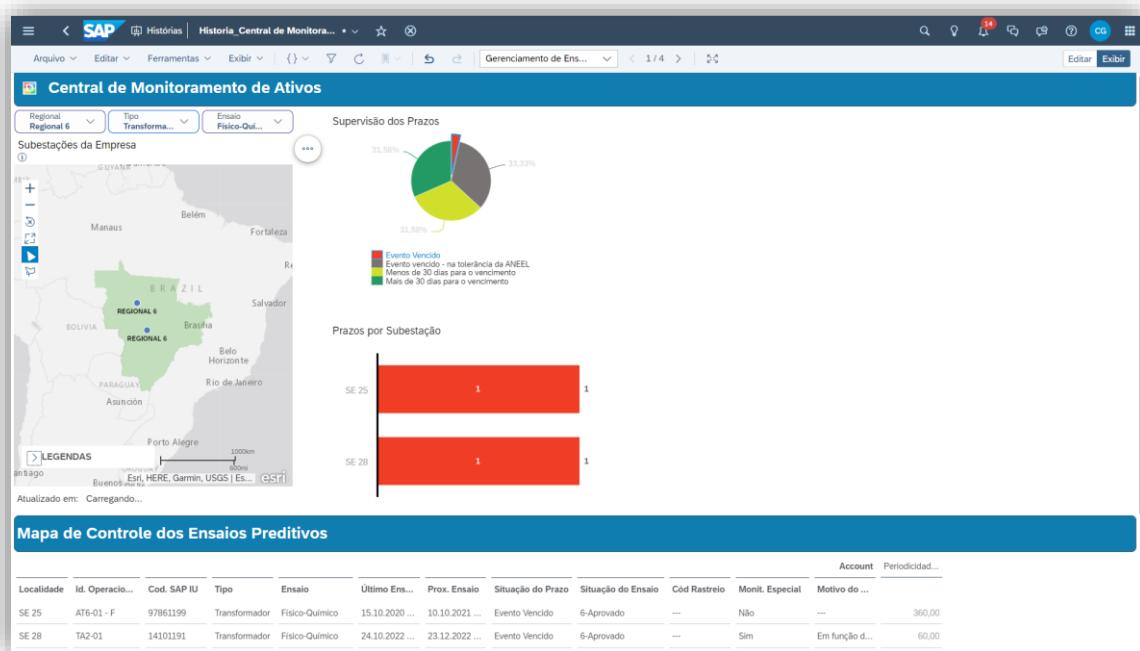


Figura 32 - Teste de validação para o indicador Supervisão dos Prazos.

Utilizando os mesmos conceitos analogamente ao indicador do Supervisão dos Prazos, constrói-se os demais indicadores dos quatro dashboards. A análise de cada métrica será realizada a seguir.

3.6.3. Análise sobre as questões propostas

Nesta seção será analisada a eficácia da solução para atingir os objetivos específicos inicialmente planejados no item 3.1.2. Para tal, apresenta-se os quatros dashboards desenvolvidos a seguir:

Dashboard para a gestão dos ensaios periódicos:

A Figura 33 apresenta o primeiro dashboard desenvolvido, com os indicadores agrupados pelo assunto relacionado aos ensaios periódicos dos equipamentos.

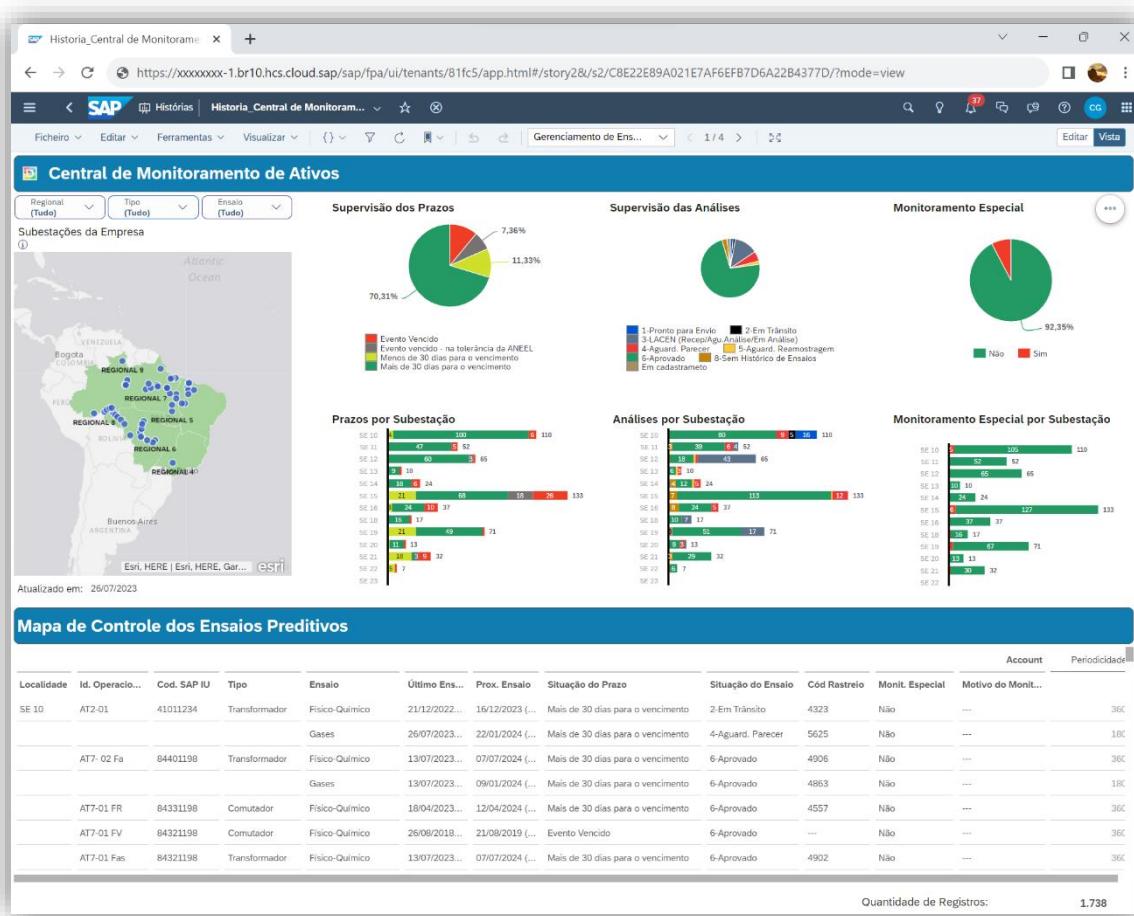


Figura 33 – Dashboard para o Gerenciamento de Ensaios periódicos.

Análise do painel de gerenciamento dos ensaios periódicos:

- **Indicador de Supervisão dos Prazos:** Indica a situação atual de todos os prazos para todos os últimos ensaios dos equipamentos da empresa; mostra um gráfico circular (pizza) com o quantitativo e o percentual de ensaios periódicos em situação de atraso, de forma rápida e intuitiva, destacando a criticidade dos prazos em uma escala de cores de acordo com a legenda; disponibiliza filtros

para a análise por tipo de equipamento e/ou localidade (subestação) e/ou tipo de ensaio. Os detalhes específicos de cada equipamento para cada tipo de ensaio em análise são exibidos em um relatório de impressão.

Com esta análise é possível: fiscalizar os casos de atrasos e propor planos de ações para os equipamentos na área vermelha do gráfico; otimizar a gestão de materiais e documentações (frascos específicos para as amostras e abertura de notas de serviços) para os equipamentos na área amarela; priorizar as ações de manutenção preventiva dos equipamentos da área verde; outros.

Objetivo para o indicador: zerar/minimizar o quantitativo de registros na região vermelha do gráfico (Ensaio Vencido).

- Indicador de Supervisão das Análises: Aponta, em um gráfico de pizza, o quantitativo e o percentual da situação atual de todos os pareceres técnicos para todos os últimos ensaios dos equipamentos; classifica a criticidade da análise em uma escala de cores de acordo com a legenda; disponibiliza filtros para a análise por tipo de equipamento, por localidade (subestação) e tipo de ensaio. Os detalhes específicos de cada equipamento para cada tipo de ensaio em análise são apresentados em um relatório de impressão.

Com esta análise é possível: examinar as ocorrências de ensaios sem pareceres e propor planos de ações individualizados e/ou por subestação para os equipamentos na área vermelha do gráfico; priorizar as análises de ensaios com o parecer de ‘Reamostragem’ para os equipamentos na área amarela; acompanhar o andamento das amostras coletadas (pronto para envio, em trânsito, no laboratório); criar planos de manutenção para equipamentos sem histórico de ensaios; outros.

Objetivo para o indicador: zerar/minimizar o quantitativo de registros na região vermelha do gráfico (Aguardando Parecer).

- Indicador de Supervisão do Monitoramento Especial: Apresenta a situação atual dos monitoramentos especiais a partir de evidência de anormalidades dos ensaios, ou seja, qual ensaio de qual equipamento está em situação atípica. Este indicador é representado por um gráfico de pizza com o quantitativo e o percentual dos monitoramentos especiais da empresa, de forma rápida e intuitiva, e destaca a criticidade em uma escala de cores, sendo o vermelho crítico/anormal e o verde normal. Disponibiliza filtros para a análise por tipo de equipamento, por localidade (subestação) e tipo de ensaio. Os detalhes específicos de cada monitoramento especial, como os novos prazos de periodicidade e um descriptivo da anormalidade encontrada, são mostrados em um relatório de impressão.

Com esta análise é possível: verificar quais os equipamentos estão em situação anormal perante as análises de ensaios periódicos no óleo mineral isolante (registros na região vermelha do gráfico). Priorizar os planos de manutenção para os equipamentos em monitoramento especial; outros.

Objetivo para o indicador: acompanhar a situação dos monitoramentos especiais.

Estes três indicadores fornecem as respostas para as questões definidas no objetivo específico para o gerenciamento de ensaios periódicos, a saber?

- Existem ensaios periódicos em situação de atraso? Se sim, quais as criticidades dos atrasos e para quais ensaios isto acontece?*
- Existem ensaios realizados sem parecer da engenharia? Se sim, quais?*
- Existem equipamentos em situação de monitoramento especial cadastrados a partir de evidência de anormalidades dos ensaios. Se sim, quais as novas periodicidades atribuídas aos equipamentos e ensaios específicos que apontaram anormalidades?*

Dashboard para a gestão dos monitoramentos on-line:

Na Figura 34 é mostrado o segundo dashboard criado, com os indicadores agrupados pelo assunto relacionado aos monitoramentos on-line dos equipamentos.

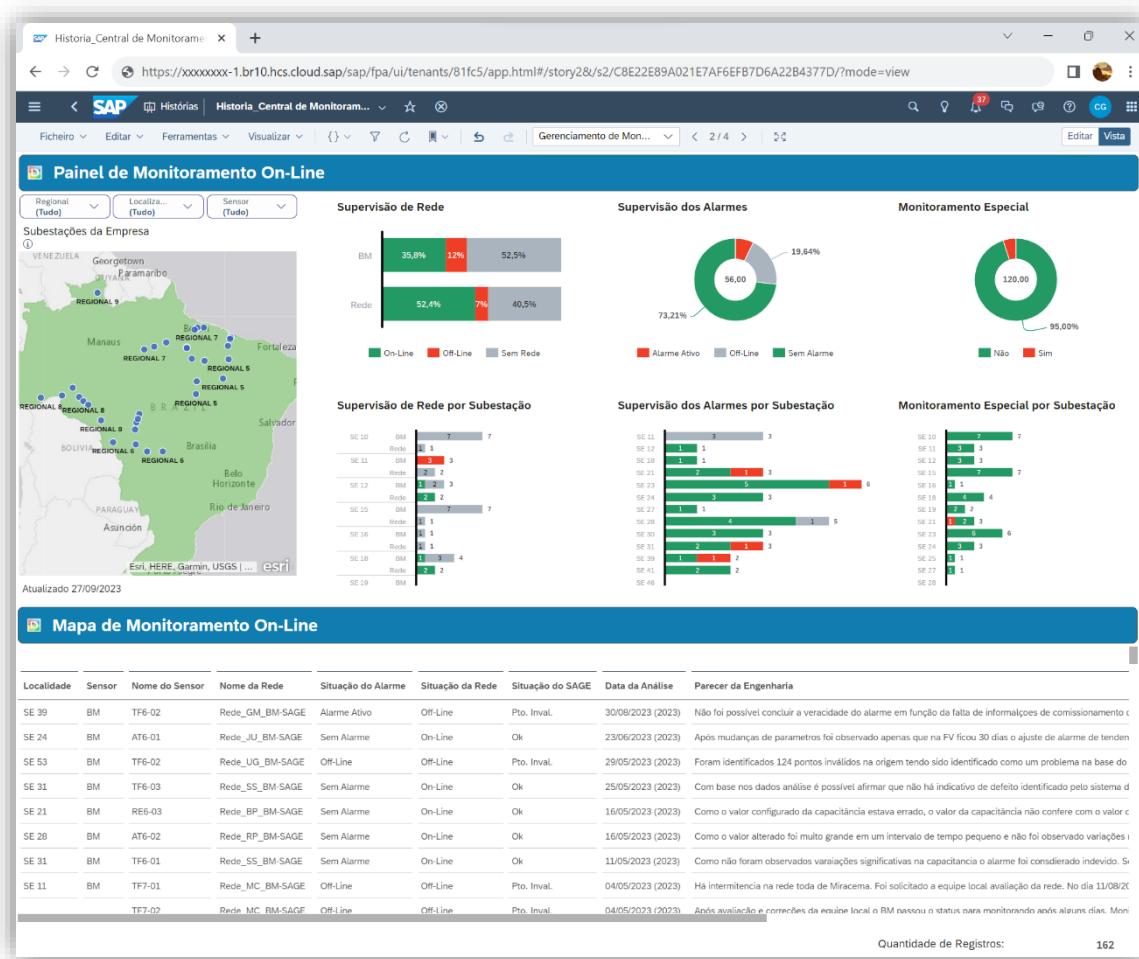


Figura 34 – Dashboard para o Gerenciamento de Monitoramento On-line.

Análise do painel de Monitoramento On-line:

- **Indicador de Supervisão da Rede:** Indica a situação atual da qualidade da comunicação para todos os sensores e dispositivos de medição das grandezas elétricas de monitoramento on-line interligados aos equipamentos da empresa;

mostra um gráfico de barras horizontais com o quantitativo e o percentual dos dispositivos que estão com a comunicação entre a rede de campo (na subestação) até os sistemas de supervisão e controle em modo on-line, off-line ou sem rede (sem o link físico construído); apresenta a criticidade do problema de comunicação em uma escala de cores de acordo com a legenda; disponibiliza filtros para a análise por tipo de equipamento e/ou localidade (subestação) e/ou tipo de dispositivo. Os detalhes específicos da comunicação de cada equipamento para cada tipo de dispositivo de medição em análise são exibidos em um relatório de impressão.

Com esta análise é possível: avaliar os casos de falta de comunicação e propor planos de ações corretivas para os equipamentos na área vermelha do gráfico; otimizar a gestão de comissionamento e trabalhos específicos para instalação do elo de comunicação entre o dispositivo de medição on-line e os centros de operação e controle para os equipamentos na região cinza; priorizar as ações de manutenção preditiva para a área verde; outros.

Objetivo para o indicador: zerar/minimizar o quantitativo de registros na região vermelha e cinza do gráfico (dispositivos com problemas de comunicação).

Indicador de Supervisão dos Alarmes: Aponta, em um gráfico circular, o quantitativo e o percentual da situação atual de todos os alarmes dos equipamentos; classifica a criticidade da análise em uma escala de cores de acordo com a legenda; disponibiliza filtros para a análise por tipo de equipamento, por localidade (subestação) e tipo de ensaio. Os detalhes específicos de cada equipamento para cada tipo de ensaio em análise são apresentados em um relatório de impressão.

Com esta análise é possível: examinar as ocorrências de alarmes e propor planos de ações individualizados e/ou por subestação para os equipamentos na área vermelha do gráfico; priorizar as atividades de normalização para os equipamentos com alarmes offline da área cinza; outros.

Objetivo para o indicador: Zerar/minimizar o quantitativo de registros na região vermelha do gráfico (Alarme Ativo).

- Indicador de Supervisão do Monitoramento Especial do Monitoramento: Idem ao apresentado para a situação atual dos monitoramentos especiais dos ensaios periódicos, porém, para o monitoramento online.

Estes três indicadores entregam as respostas para as questões delineadas no objetivo específico para o gerenciamento de monitoramento on-line, quais sejam:

- d. *Existem equipamentos com monitoramento on-line sem comunicação ou rede de comunicação off-line? Se sim, para quais monitoramentos?*
- e. *Existem equipamentos com alarme ativo? Se sim, em quais equipamentos e localidades isto ocorre?*
- f. *Existem equipamentos com grandes de monitoramento on-line com qualidade de aquisição problemática? Se sim, quais os problemas?*

Dashboard para a gestão de Avisos:

A seguir é mostrado o terceiro dashboard desenvolvido, Figura 35, com os indicadores agrupados pelo assunto relacionado às notificações dos equipamentos (Avisos).

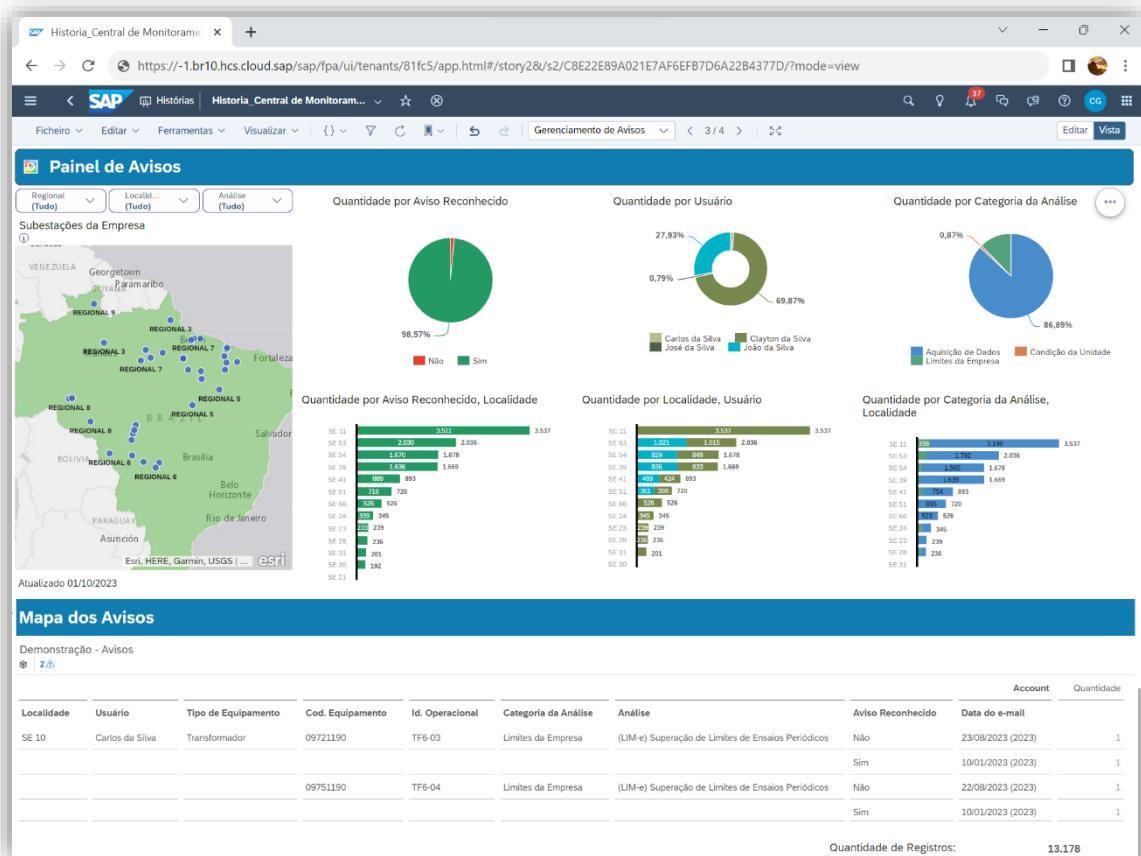


Figura 35 – Dashboard para o Gerenciamento de Avisos.

Análise do painel de Avisos:

- **Indicador de Avisos Reconhecidos:** Indica a situação atual de todos os Avisos notificados pelo sistema. Mostra um gráfico de pizza com o quantitativo e o percentual de Avisos reconhecidos e não reconhecidos pelos usuários previamente cadastrados para recebimento. Disponibiliza filtros para a análise por tipo de equipamento, por localidade (subestação) e categoria de avisos. Os detalhes específicos de cada notificação são exibidos em um relatório de impressão.

Com esta análise é possível: verificar os avisos reconhecidos e não reconhecidos.

Objetivo do indicador: zerar/minimizar o quantitativo de registros na região vermelha do gráfico (Aviso não reconhecido).

- **Indicador de Usuários dos Avisos:** Apresenta os nomes dos usuários que receberam as notificações do sistema de gestão de ativos. Disponibiliza filtros para a análise por tipo de equipamento, por localidade (subestação) e categoria de avisos. Os detalhes específicos de cada notificação são exibidos em um relatório de impressão.

Com esta análise é possível: verificar os nomes dos colaboradores que receberam os avisos e se estes foram reconhecidos ou não reconhecidos.

Objetivo do indicador: dar visibilidade no quantitativo de registros para cada usuário cadastrado para recebimento de notificações.

- Indicador de Avisos por Categoria de Análise: Indica a situação atual de todos os Avisos notificados pelo sistema de acordo com a categoria, ex.: Limite normativo de algum parâmetro de ensaio ultrapassado; Alarme do sistema de monitoramento on-line etc. Mostra um gráfico de pizza com o quantitativo e o percentual de Avisos por categoria. Disponibiliza filtros para a análise por tipo de equipamento, por localidade (subestação) e categoria de avisos. Os detalhes específicos de cada notificação são exibidos em um relatório de impressão.

Com esta análise é possível: verificar os avisos de acordo com a categoria de análise e se foram reconhecidos ou não reconhecidos.

Objetivo do indicador: dar visibilidade no quantitativo de registros para cada categoria de aviso.

Com estes três indicadores, as perguntas do objetivo específico para o gerenciamento de avisos foram atendidas para as questões:

- Existem avisos do sistema de gestão de ativos não reconhecido? Se sim, quais usuários não reconheceram os avisos? Quais os tipos de eventos?*
- Quais as quantidades de instalação por tipo (Subestação, Usina Hidrelétrica, Usina Térmica)? Quais as quantidades de equipamento por tipo?*

Dashboard para a supervisão das estatísticas do sistema de gestão:

Em seguida, é mostrado o quarto e último dashboard, com os indicadores agrupados pelo assunto relacionado às estatísticas do sistema de gestão de ativos.

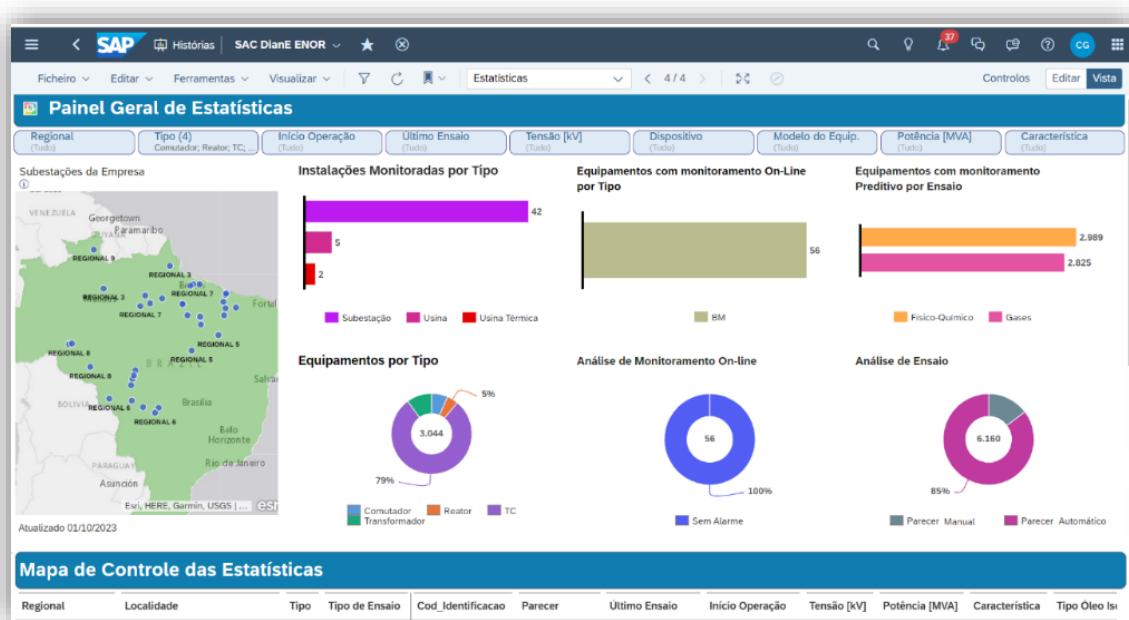


Figura 36 – Dashboard para a Estatística do sistema.

Análise do painel de Estatísticas:

Analogamente aos anteriores, o dashboard da estatística disponibiliza análises intuitivas e de fácil interpretação. Com estes indicadores é simples responder às perguntas do objetivo específico para as estatísticas do sistema de gestão, que são:

- i. *Quais as quantidades e tipos de ensaios periódicos são realizados em certo período? Quantos pareceres dos ensaios foram realizados de forma automática e quantos manuais pelo mantenedor?*
- j. *Qual a quantidade de tipos de monitoramento on-line? Quais os equipamentos possuem monitoramento on-line?*

Por fim, destaca-se que os dashboards foram desenvolvidos na plataforma SAP Analytics Cloud (SAC). Entretanto, outras plataformas podem ser utilizadas, por exemplo, a plataforma Power BI, Grafana e outros.

4. Conclusão

Os princípios da engenharia de dados aplicados neste MVP desempenharam um papel crucial na eficaz manipulação e processamento dos dados da empresa em questão. Essa abordagem contribuiu significativamente através da disponibilização de ferramentas construídas para o aprimoramento do controle de suas atividades estratégicas e operacionais.

As etapas de coleta de dados, modelagem, extração, transformação e carregamento na nuvem foram executadas com êxito, culminando na construção da solução apresentada. As análises realizadas em relação aos objetivos específicos destacam a qualidade na transformação de dados brutos em informações úteis para a engenharia de operações e manutenção.

A boa prática de gestão de recursos se concentra no controle eficiente das atividades em execução, envolvendo o acompanhamento operacional das tarefas realizadas pelas equipes. Nesse contexto, a solução apresentada neste MVP fornece os recursos necessários para a supervisão técnico-gerencial, facilitando o gerenciamento das atividades e apoiando as decisões estratégicas relacionadas à gestão de ativos. Isso estabelece uma ligação valiosa com a busca contínua pela melhoria dos processos.

5. Referências bibliográficas

1. <https://blogs.sap.com/2020/11/18/leveraging-sap-businessobjects-data-in-sap-analytics-cloud/>, acessado em 28 de setembro de 2023.
2. BELTRÃO, V. C. V. M. "A EXPERIÊNCIA DA ELETRONORTE NO USO DO SISTEMA DIANE PARA GERENCIAMENTO DE ENSAIOS PREDITIVOS DE ÓLEO". XXV SNPTEE, 880 GTM/20. Rio de Janeiro, 2022 (Disponível em: <https://xxviisnptee.com.br/its/>)
3. Notas de Aulas.