



Modelos de Direcionamento para Inspeções de Irregularidades Baseados em Dados de Telemedição

Tema: Recuperação de energia - Perdas não-técnicas

Autores: Leandro Lisboa Generoso Ribeiro

Co-Autores: Rafael Testa de Carvalho, Gabriel Cypriano Linhares e Olavo Daniel

Empresa: CEMIG Distribuição S.A

Resumo

Gerência de Perdas Não-Técnicas da CEMIG focada em combater perdas comerciais para garantir a eficiência e sustentabilidade na distribuição de energia elétrica. O projeto de seleção de irregularidades em instalações telemedidas utiliza parâmetros de páginas fiscais dos MDMs para detectar perdas comerciais, concentrada na recuperação de energia consumida e não faturada. Identificação de irregularidades automatizada, que permite rápida regularização das medições em campo, minimiza o tempo de resposta e aumenta a precisão das correções. Isso melhora a eficiência operacional e reduz os custos associados à detecção de irregularidades. Atualmente, a CEMIG possui cerca de 410 mil clientes telemedidos, com monitoramento rigoroso e constante para evitar perdas comerciais. A telemedição permite acompanhamento em tempo real do consumo de energia e identificação de padrões anômalos, o que auxilia na detecção precoce de irregularidades e implementação de medidas preventivas. A CEMIG continua a melhorar suas estratégias e tecnologias para combater perdas comerciais, o que garante eficiência, sustentabilidade e confiabilidade no fornecimento de energia elétrica.

1. Introdução

A CEMIG possui uma gerência dedicada ao controle e combate às perdas comerciais, com o objetivo de recuperar energia não faturada e regularizar unidades consumidoras com possíveis irregularidades. Para isso, o Centro Integrado de Medição (CIM) desempenha um papel estratégico ao realizar o monitoramento contínuo das medições de faturamento por telemetria pelos sistemas MECE (Siemens), PIM (Way2) e SANPLAT (Nansen/Sanxing), que possibilitam a parametrização remota dos medidores e a manutenção de equipamentos em campo. Este artigo explora as estratégias e tecnologias adotadas pela CEMIG para identificar e corrigir irregularidades em instalações telemedidas pela análise de alarmes, páginas fiscais (dados instantâneos) e memória de massa dos medidores.

Devido à necessidade de melhorar a produtividade na atividade de seleção de irregularidades para inspeção, desenvolvidos projetos na ferramenta SAS (*Statistical Analysis System*) para análise em massa de grandes volumes de dados (da ordem de 1 bilhões de linhas por mês).

Este trabalho objetiva apresentar a implantação de projetos SAS com os modelos de direcionamento de inspeções baseados em dados de página fiscal, memória de massa e alarmes dos sistemas MDM.

2. Desenvolvimento

Diariamente, extraídos dados de memórias de massa, páginas fiscais e alarmes dos MDMs, carregados de forma incremental em banco de dados SAS e disponibilizados em tabelas para os usuários com acesso ao *SAS Enterprise Guide*.

Dados trabalhados no *SAS Enterprise Guide* com várias combinações de eventos, configurados pelos selecionadores, para identificar potenciais perdas comerciais. Isso permite aos usuários criar e parametrizar regras conforme conhecimento de negócio, integração com eletricitistas e experiência adquirida nas atividades em campo.

A flexibilidade na criação das regras permite melhorias constantes nos projetos, com novas combinações de eventos e ajustes nas existentes, sem dependência de profissionais de TI.

1.1 Estrutura Geral dos Projetos com Dados do MECE

O MECE corresponde a um dos MDMs utilizados pela CEMIG, que atualmente gerencia a telemedição de todas as unidades consumidoras cativas de média tensão e a maioria das instalações cativas de baixa tensão indireta.

Todos os projetos SAS para seleção de suspeitas de irregularidades utilizam como filtro inicial o período de apuração para reduzir drasticamente a quantidade de dados tratados nas etapas posteriores, com redução no tempo de processamento.

A base de todos os projetos utiliza dados constantes em tabelas mestras do tipo:

- Ponto de medição: dados cadastrais dos consumidores;
- Medidor: dados medidores, relações de transformação de corrente e potência;
- Páginas Fiscais e Memórias de Massa: dados de tensão, corrente, potência e ângulos, coletados em pequenos intervalos de tempo.

As informações anteriores se interrelacionam para formatação de tabela da entrada principal, denominada TABELA_BASE, de onde advém todas as regras, conforme figura 1.

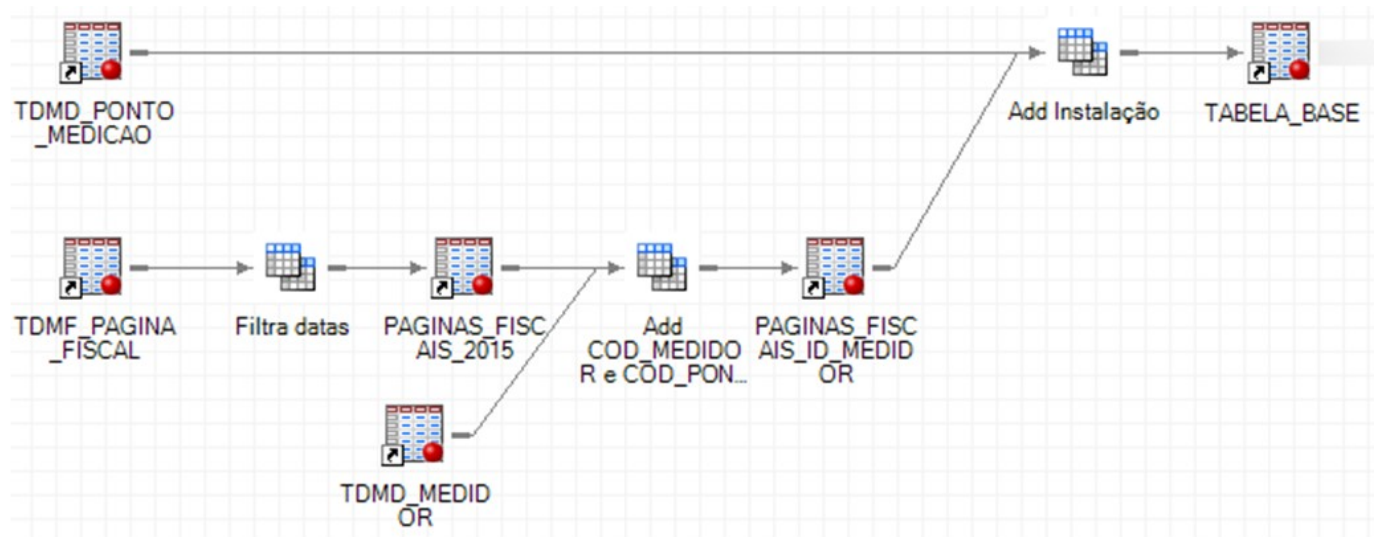


Figura 1: Formação da Tabela Base

Em todos os projetos constam filtros cronológicos, aplicados por mês, dia da semana e hora, conforme necessidade do selecionador. Exemplos: irrigante noturno, horário comercial, consumo sazonal. Normalmente, consideram-se informações recentes.

Resultados das regras unificados em tabela final para análise dos selecionadores de irregularidades, que optam pelos casos mais adequados para geração das inspeções e posterior execuções em campo.

1.2 Projeto Comparação com Religadores Exclusivos

Projeto que utiliza dados de dois sistemas: MECE e xOMINI (Concert), sistema utilizado para operação.

O xOMINI é um sistema supervisorio (SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*), utilizado na operação de redes de distribuição de energia.

Projeto possui regra para comparação entre as correntes primárias das unidades consumidoras de média tensão, obtidas pelo sistema MECE, com as correntes dos religadores exclusivos obtidas pelo sistema xOMINI. Como religadores exclusivos para as instalações, esperam-se correntes com valores muito próximos. Por definição, em função das diferenças de exatidão do tipo de medição, consideram-se como suspeitas de irregularidades os casos com discrepância maior do que 30%.

A regra avalia casos em que tensão medida pelo equipamento de medição, em pelo menos uma das fases, consideravelmente abaixo das demais. A situação ocorre pela inserção de elementos em série com o circuito de medição de tensão (resistores ou diodos), por mal funcionamento do TP ou por conexões mal feitas no circuito entre o TP e o medidor. Além disso, realiza algumas consistências:

- a) filtro de unidades consumidoras com corrente para evitar instalações sem carga;
- b) verificação de tensões desproporcionais: se alguma das tensões pelo menos 20% maior que as demais;
- c) corte baseado na corrente das fases (atualmente em 0,6A).
- d) filtro de quantidade de unidades consumidoras com número mínimo de ocorrências da anomalia no período sob análise (atualmente em 10 páginas fiscais).

2.1.5. Ausência Total de Correntes

Regra análoga à de seleção por ausência de corrente com tensão, contudo, avaliadas instalações com ausência total de correntes e realizadas algumas consistências:

- a) Para evitar falsos positivos, utilizados totalizadores de demanda do MECE, para identificar longos períodos de inatividade da instalação.
- b) Filtro de instalações com tensão e correntes registradas inferiores a 0,05A.
- c) Separação de instalações com demanda máxima, no período, inferiores a 5 kW.
- d) Filtro de quantidade mínima de páginas fiscais sob suspeita (atualmente 51 páginas).

2.1.6. Ausência Total de Sinais Elétricos (desprogramação de medidor)

Regra para detecção de medidores totalmente desprogramados, que não registram quaisquer grandezas elétricas. Os filtros buscam páginas fiscais totalmente zeradas. Considerado mínimo de páginas fiscais necessárias para elencar a instalação como suspeita, com valor configurado para 20.

2.1.7. Consolidação das regras

Na última etapa, realizada consolidação da tabela final com a lista de instalações.

- a) As saídas de todos os ramos, com as análises das regras, se aglutinam novamente e gera nova tabela com todas as instalações suspeitas.
- b) Contagem de ocorrências de cada regra por instalação.
- c) Inclusão dos dados de inspeção do último ano

	NUM INST ALACAO	NUM SERI E_SECUND ARIO	NOM CLIE NTE	NUM PARC EIRO NEG OCIO	MIN_of_MIN _of_Data	123 Potência Negativa	123 Corrente Zerada	123 Tensão Zerada	123 Subtensão	123 Sem 3 Correntes	123 Medidor Desprogram ado	123 Inspeções Procedentes (12 Meses)	123 Inspeções Improcedent es (12 Mese	Desligado
1							4							
2					26.11.2024					67				
3					26.11.2024					66				
4														
5					26.11.2024					67				
6					26.11.2024		75							

Figura 4 – Resultado de uma seleção de Média Tensão, com dados do MECE

A partir da lista consolidada, o selecionador analisa individualmente as instalações nos MDMs e sistemas comerciais e gera os serviços de inspeção.

2.2. Projeto Demanda Subutilizada (AT e MT) – MDM MECE

As premissas desse projeto envolvem características elétricas das ligações com associação de dados comerciais, como a demanda contratada.

Estrutura base do projeto semelhante ao de Seleção Média Tensão – MECE, mas com a inclusão dos dados de demanda contratada e medida.

Filtradas instalações com demanda medida no mês selecionado de até 50% da demanda contratada no mesmo período. Projeto com duas regras: Ângulo e Carga e Desbalanço.

2.2.1. Ângulo e Carga

Diagnostica páginas fiscais com fator de potência muito bom, mesmo para cargas muito baixas, em que considera apenas unidades consumidoras com a demanda subutilizada.

NUM_INSTA LACAO	NUM_PARC EIRO_NEGO CIO	NOM_CLIEN TE	NUM_SERIE _SECUNDA RIO	Ultima Pagina Suspeita	Numero de Paginas	MAX_of_CO RRENTÉFAS EA	MAX_of_CO RRENTÉFAS EB	MAX_of_CO RRENTÉFAS EC	MAX_of_NL M_RTC
				02.07.2024	82	0	0	0.084	3
				01.07.2024	80	0.83371	0.84039	0.15242	4
				01.07.2024	74	0	0	0	
				02.07.2024	73	0.09233	0.05636	0.12016	12
				02.07.2024	72	0	0	0	4

Figura 5 – Resultado da regra Ângulo e Carga

2.2.2. Desbalanço

Filtra diferença significativa no módulo de uma corrente em comparação às demais. Filtradas páginas fiscais com corrente mínima de 0,5A em pelo menos uma fase.

NUM_INSTA LACAO	NUM_PARC EIRO_NEGO CIO	NOM_CLIEN TE	NUM_SERIE _SECUNDA RIO	Número de Paginas	Ultima Pagina	MAX_of_CO RRENTÉFAS EA	MAX_of_CO RRENTÉFAS EB	MAX_of_CO RRENTÉFAS EC	MEAN_of_Pe rcentage
			GMB128000064	63	01JUL2024:23...	1.563	0.021	1.676	40%
			GPB169000873	63	01JUL2024:23...	6.6776	4.81746	1.85863	49%
			GMM18900037...	58	01JUL2024:22...	1.37978	0	1.60832	17%
			GMM17140003...	55	01JUL2024:23...	0.39772	0.72408	0.00642	37%
			GMM17100010...	52	01JUL2024:23...	0.75155	0.12233	0.18509	14%

Figura 6 – Resultado da regra de Desbalanço.

2.2.3. Junção do Desbalanço com Ângulo e Carga

A intersecção das duas regras anteriores objetiva refinar o resultado e apresenta um universo de possíveis suspeitas de irregularidades bem menor e mais consistente.

NUM_INSTA LACAO	NUM_PARC EIRO_NEGO CIO	NOM_CLIEN TE	NUM_SERIE _SECUNDA RIO	Ultima Pagina Suspeita	Numero de Paginas	MAX_of_CO RRENTÉFAS EA	MAX_of_CO RRENTÉFAS EB	MAX_of_CO RRENTÉFAS EC	MAX_of_NL M_RTC
			GMG084000326	01.07.2024	80	0.83371	0.84039	0.15242	4
			GMM18900067...	02.07.2024	69	0.55275	0.19801	0.32674	8
			GPF221201203	02.07.2024	68	0.659	0	0.354	1
			GPF221202124	02.07.2024	68	0.007	0.529	0.003	4

Figura 7 – Saída da junção entre as regras de “Desbalanço” e “Ângulo e Carga”

2.3. Projeto BT – MDM MECE

As regras consolidadas para seleção de instalações telemedidas de baixa tensão pelo MECE, envolvem as mesmas características elétricas das ligações e alterações facilmente perceptíveis para as unidades consumidoras de média tensão: ausência de tensão com corrente, ausência de corrente com tensão, potências ativas negativas, subtensão, ausência total de correntes e ausência total de sinais elétricos (desprogramação de medidor).

2.4. Projeto Geração Distribuída Fotovoltaica com Geração Noturna MT e BT - MDM MECE

Projeto com regras para seleção de instalações telemedidas de média e baixa tensão com geração distribuída fotovoltaica instalada. Realizadas análises para detectar inversões do fluxo de potência no período noturno. Logo, ao gerar energia à noite, trata-se de grande indício de irregularidade.

Estrutura do projeto semelhante ao de MT, mas com as diferenças:

- Filtra apenas unidades consumidoras GD;
- Nas ramificações de potência negativa (fase A, fase B, fase C e trifásica), páginas fiscais filtradas apenas em horário noturno.
- Escolhidas páginas fiscais com valores de fator de potência mais negativos que -0.7, para excluir possibilidade de falsos positivos originados de baixa saturação dos transformadores de instrumentação.

- d) Estipulado valor mínimo de páginas fiscais para considerar a instalação como suspeita (configuradas em 25 páginas).
- e) As saídas de todos os ramos com as análises das regras se aglutinam novamente e gera nova tabela com todas as unidades suspeitas.
- f) Incluída contagem de ocorrências de páginas fiscais com dados que apontam alguma anomalia.
- g) Resultados finais apresentados em duas tabelas: “SOLAR GERANDO NOTURNO – MT” e “SOLAR GERANDO NOTURNO – BT”, para análise individual pelo selecionador de alvos.

2.5. Projeto Clientes Livres – MDM PIM

A Plataforma Integrada de Medição (PIM), produto da Way2, projetada para aquisição e gerenciamento de dados de medição, garante a conformidade regulatória e a consistência operacional no faturamento e gerenciamento de dados elétricos dos clientes livres da CEMIG.

Nesse projeto, regras consolidadas para seleção de instalações de clientes livres telemedidos pelo PIM, com suspeitas de irregularidades e premissas que envolvem características elétricas das ligações e alterações perceptíveis, como ausência de tensão com corrente, ausência de corrente com tensão, potência ativa negativa e subtensão.

Da tabela base do projeto, com os filtros principais, se origina 4 ramos com as regras para determinação das irregularidades, conforme figura 8.

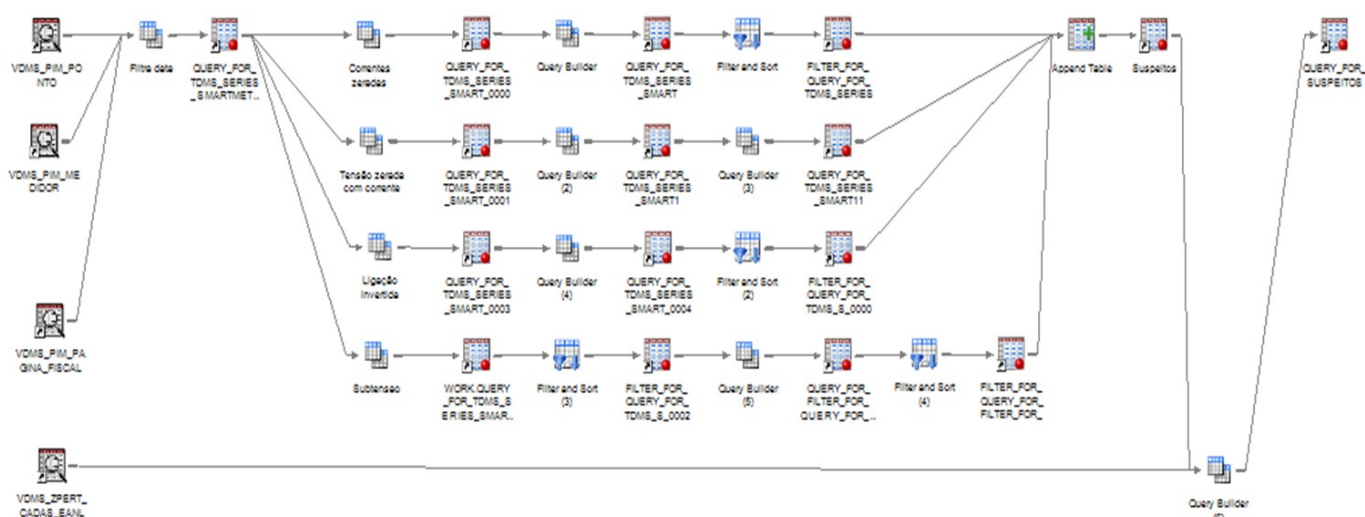


Figura 8 – Projeto para Seleção de Irregularidades por Páginas Fiscais do PIM

- **Ausência de Corrente com Tensão:** No primeiro ramo, a caixa “Correntes zeradas” contém filtro com separação de páginas fiscais em que pelo menos uma das correntes (e não as três) esteja zerada, com presença de tensão.
- **Ausência de Tensão com Corrente:** O segundo ramo filtra unidades consumidoras com presença de corrente sem medição de tensão na mesma fase. Esse filtro acontece na caixa “Tensão zerada com corrente”.
- **Ligação Invertida:** O terceiro ramo detecta inversões nas ligações de TCs ou TPs, em que são filtradas páginas fiscais com ângulos entre a tensão e a corrente de cada fase maior que 90 graus. São ainda eliminadas as unidades consumidoras geradoras de energia.
- **Subtensão:** O quarto e último ramo detecta afundamentos de tensão, sendo filtradas as páginas fiscais com tensão registrada em alguma fase inferior a 100V.

A saída final do projeto, representada pela tabela da figura 9, construída pela junção dos ramos com os dados cadastrais da instalação. Apresenta a data da última página fiscal suspeita e a quantidade de ocorrências de cada evento.

Instalação	STR_NOME	SERNR	TARIFTYP	Ultima Pagina Suspeita	Corrente Zerada	Tensão Zerada	Ligação Invertida	Subtensao
			TUSD_L_A4	07NOV2024:14:36:38	.	.	14	.
			TUSD_L_A4	07NOV2024:14:36:38	.	.	.	14
			TUSD_LA3AV	31OCT2024:03:32:52	.	.	13	.
			TUSD_L_A4V	03NOV2024:13:17:33	.	.	11	.
			TUSD_L_A4V	07NOV2024:13:30:21	.	.	35	.
			TUSD_L_A4V	30OCT2024:05:02:11	113	.	.	.

Figura 9 – Tabela final do Projeto PIM

2.6. Projeto AMI – MDM SANPLAT

O sistema SANPLAT monitora instalações com medidores inteligentes da Infraestrutura Avançada de Medição (AMI – *Advanced Metering Infrastructure*). As regras envolvem alarmes e características elétricas das ligações associadas a dados comerciais, como ausência de tensão com corrente, ausência de corrente com tensão, potência negativa, geração noturna e corrente mínima.

O projeto possui entrada de dados por *prompt* para facilitar experiência do usuário. Ao acionar o botão “RUN”, surge tela para inserção de 5 datas:

- **Data_Inicial:** data de início dos dados das memórias de massa. Utilizado D-10.
- **Data_Final:** última data do período a avaliar, em geral, data atual.
- **Data_Evento_Inicio:** menor data para avaliar alarmes do sistema SANPLAT.
- **Data_Evento_Fim:** maior data do período para avaliar alarmes do SANPLAT.
- **Data_Inspecões:** data a considerar serviços comerciais nas instalações em análise.

Em contraste com os projetos anteriores, utilizados dados de memória de massa em vez das páginas fiscais, o que altera a análise dos dados. A página fiscal possui dados instantâneos das grandezas elétricas enquanto a memória de massa traz a média dos valores de corrente e tensão para cada intervalo de 15 em 15 minutos. Trata-se de diferença importante na interpretação correta dos resultados obtidos com as análises.

A construção da tabela base de análise desse projeto primeiro emula páginas fiscais fictícias, ao utilizar horários de memória de massa com horas exatas e formar 24 páginas fiscais fictícias por dia analisado. A partir da tabela base, realizadas ramificações para cada regra.

2.6.1. Ausência de Tensão com Corrente

Essa regra filtra unidades consumidoras com memórias de massa de intervalos em que há corrente sem registro simultâneo de tensão. Filtrados intervalos com correntes superiores a 0,5A e tensões inferiores a 5V.

COD_PONT O_MEDICAO	NOM_CONS UMIDOR	SERNR	MED_INDIR ETA	Corrente sem Tensão (Qty)	Ultima_Comu nicação	Ultima_Pagin a_Suspeita	Tensão A	Tensão B	Tensão C	Corrente A - Max
		BPC210202337	X	6	01JUL2024	01JUL2024	125.45	0.00	126.39	1.05
		BPC210200427	X	4	01JUL2024	01JUL2024	125.61	0.00	127.39	0.87
		BPC228200321	X	1	01JUL2024	29JUN2024	0.00	0.00	0.00	0.65

Figura 10 – Exemplo de saída para medidores indiretos

2.6.2. Ausência de Corrente com Tensão

Regra que filtra unidades consumidoras com amostra de tensão, mas sem corrente, com elevado índice de acerto em medições indiretas, mas baixo em medições direta, portanto, importante atenção às saídas do projeto e tratar diferentemente cada tipo de medição.

Para aumentar efetividade em medições diretas, saída mesclada com alarmes do SANPLAT de possível intervenção no medidor.

2.6.3. Potência Reversa

Regra que filtra intervalos de memória de massa com potência ativa negativa registrada na instalação e consumidor não cadastrado como Geração Distribuída. O filtro inicial verifica energia reversa maior que 0 nos intervalos selecionados, registrado na caixa "Potência Reversa". Determinado número mínimo de ocorrências para considerar a instalação como suspeita.

2.6.4. Geração Distribuída Fotovoltaica com Geração Noturna

Regra que filtra intervalos de memória de massa, com geração de energia durante a noite, em instalações de geração solar, para identificar consumidores com inversão nos circuitos de medição. Selecionados intervalos entre 19h e 5h, com correntes superiores a 0,5A e registro de energia reversa.

2.6.5. Corrente baixa pra residência

Regra para identificar instalações *residenciais* com correntes máximas que não alcançam determinado valor no intervalo sob análise. Selecionados intervalos sob vários critérios, como:

- a) possuir parceiro de negócio
- b) instalação ligada, residencial e não GD
- c) a corrente nunca atinge o valor de 3,3 A
- d) pelo menos uma das correntes é maior que 1 A
- e) medição direta e trifásico

3. Conclusão

A implementação do projeto gerou ganhos significativos, com destaques nos aspectos:

- **Produtividade:** A análise em massa das informações, antes realizada manualmente, agora processada em menos de uma hora, o que permite maior eficiência no uso de recursos humanos.
- **Índice de Acerto e Eficiência:** A utilização de regras parametrizadas reduziu a geração de inspeções indevidas e aumentou significativamente o índice de acerto na detecção de irregularidades.
- **Flexibilidade:** O sistema oferece autonomia ao usuário, que permite criação de novas regras e ajustes baseados nas necessidades específicas do negócio.
- **Redução de Perdas Comerciais:** A identificação rápida de irregularidades e a execução ágil de inspeções em campo não apenas minimizam as perdas comerciais, mas também desencorajam a reincidência de fraudes, pela criação de ambiente de monitoramento contínuo e confiável.

4. Referências bibliográficas

MDM MECE, 2016 - "SISTEMA DE MEDIÇÃO CENTRALIZADA - Manual de Utilização e Operação". Revisão 05.00 - Siemens, Brasil.

Manual de Utilização e Operação do PIM.

Manual de Utilização e Operação do SANPLAT.

Software SAS, September 2017 - "Statistical Analysis System" - versão 9.4m5.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução Normativa 414/2010, disponível em <www.aneel.gov.br>.