



Planejamento estratégico de cobertura de voz e dados em utilities: Uma metodologia data-driven de geoprocessamento aplicada no planejamento de cobertura em regiões de maior impacto ao negócio

Tema: Sistemas Técnicos

Autores: Victor Ferreira Almeida Mota

Co-Autores: Rosana Sant Ana Pereira

Empresa: Energisa Paraíba - Distribuidora de Energia S/A

Resumo

Este artigo apresenta uma metodologia *data-driven* inovadora, que utiliza de ferramentas *open-source*, baseada em dados e geoprocessamento para o planejamento da cobertura de voz (VHF) e dados (UHF) em *utilities*, visando melhorar a conectividade das equipes de campo com os centros de operação e dos ativos da rede de distribuição. Utilizando indicadores como DEC (Duração Equivalente de Interrupção), FEC (Frequência de Interrupção) e TMA (Tempo Médio de Atendimento), a metodologia sugere uma priorização ótima dos investimentos de novas repetidoras (VHF e UHF) em áreas de maior impacto para o negócio. Os resultados mostraram que não há correlação direta entre a cobertura e os indicadores operacionais, porém, é possível fazer uma categorização dos alimentadores com baixa cobertura e com indicadores operacionais (DEC/FEC) transgredidos. Esta abordagem oferece uma ferramenta prática para distribuidoras, contribuindo para a eficiência operacional e redução de custos, com impacto direto no setor elétrico.

1. Introdução

A conectividade eficiente entre equipes de campo e a automação de equipamentos desempenham um papel fundamental na operação das *utilities*, especialmente no que diz respeito às distribuidoras de energia elétrica. O aumento da eficiência operacional, a redução de custos e a melhoria na qualidade do serviço dependem da comunicação em tempo real entre as equipes e dos sistemas de monitoramento remoto dos ativos. Assim, torna-se essencial um planejamento estratégico para garantir que a cobertura de voz e dados seja eficaz e atenda às necessidades específicas da operação.

Com o intuito de otimizar os investimentos e ampliar a cobertura de voz e dados, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma nova metodologia que avalia as necessidades de cobertura de voz e dados, voltada para os aspectos mais críticos da operação das distribuidoras. O principal desafio é identificar os alimentadores que possuem maior *gap* de cobertura, mas que apresentam também maior relevância e impacto ao negócio.

O foco do trabalho está em cima dos alimentadores de rede de média tensão da distribuição, que representam a maior parte do deslocamento das equipes de campo. Além disso, a metodologia proposta

considera a predição da cobertura de rádio VHF próprio da Energisa agregado com a cobertura 4G das operadoras, utilizando indicadores operacionais como DEC (Duração Equivalente de Interrupção), FEC (Frequência de Interrupção) e TMA (Tempo Médio de Atendimento). Esses indicadores irão indicar as regiões que realmente possuem deficiência para a operação e, consequentemente, para experiência do cliente final.

A metodologia emprega técnicas de geoprocessamento e ciência de dados para fornecer uma base sólida de tomada de decisão, orientada por dados. O uso dessas ferramentas permite analisar grandes volumes de informações e gerar *insights* que guiam o planejamento estratégico, garantindo que os recursos sejam aplicados de maneira mais eficiente e com maior impacto para a empresa.

2. Desenvolvimento

2.1 - Metodologia de Geoprocessamento:

Todo geoprocessamento é realizado no QGIS, software livre. São utilizados três principais *inputs* para a análise de cobertura:

1. **Cobertura VHF:** Obtida através da ferramenta de predição Radio Mobile, um *software* livre, que gerar o mapa de cobertura da rede de repetidoras VHF da Energisa. Essa ferramenta permite estimar a área de alcance da rede de repetição de sinais de comunicação via rádio, essencial para identificar lacunas na cobertura de voz para as equipes de campo.
2. **Cobertura 4G:** A cobertura 4G das operadoras é obtida pelo Painel de Cobertura da plataforma Mosaico, disponibilizada pela ANATEL. Esse painel de cobertura fornece o mapa de cobertura 4G das principais operadoras do Brasil, sendo crucial para avaliar a disponibilidade de conectividade de voz+dados em toda área geográfica do país.
3. **Alimentadores de Média Tensão:** Os dados sobre alimentadores de rede de média tensão são extraídos da base de dados BDGD (Base de Dados de Gestão da Distribuição de Energia). Esses alimentadores são fundamentais para a identificação de áreas com maior concentração de consumidores e com alto impacto nas operações de manutenção e distribuição de energia.

A partir desses três *inputs*, é realizada uma análise integrada de cobertura. O geoprocessamento no QGIS é utilizado para sobrepor as camadas de dados geográficos, permitindo a identificação das regiões onde há deficiências na cobertura de comunicação e que possuem maior relevância para a operação. Após essa análise espacial, as áreas identificadas como prioritárias são correlacionadas com dados de impacto para o negócio, como DEC (Duração Equivalente de Interrupção), FEC (Frequência de Interrupção) e TMA (Tempo Médio de Atendimento). A Figura 1 ilustra todo o processo de análise de dados que é realizado:

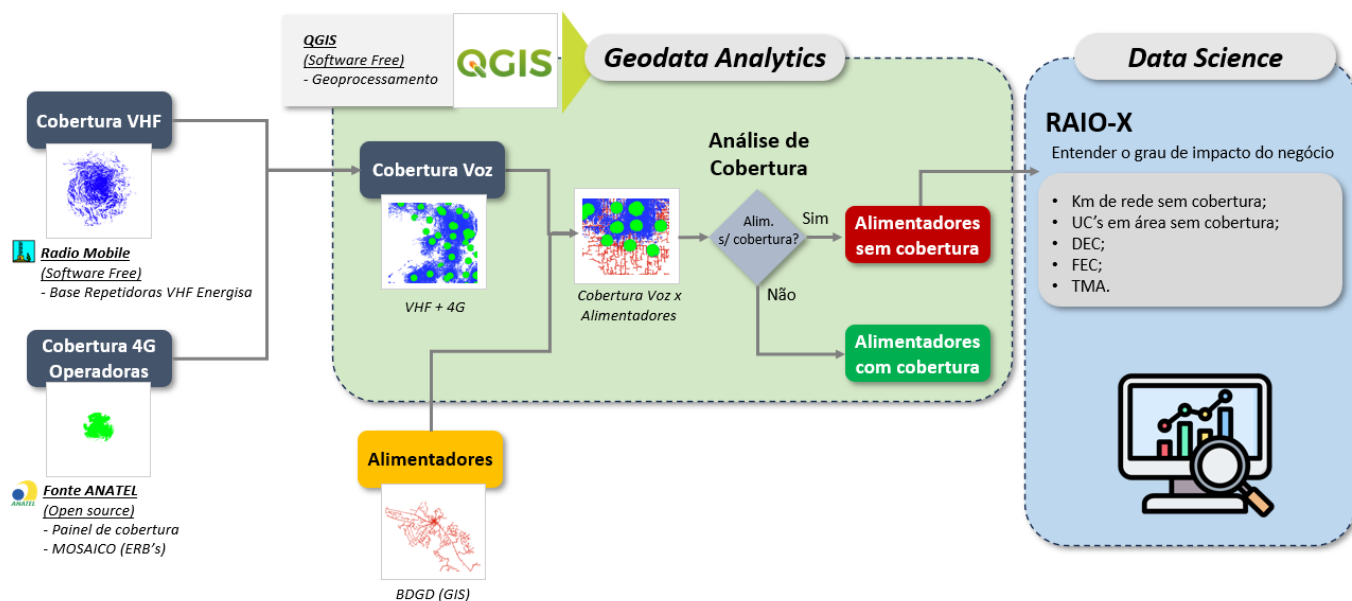


Figura 1: Metodologia de geoprocessamento e análise de dados de cobertura e indicadores operacionais. A Figura 2 apresenta como exemplo, o mapa de cobertura da Energisa Sergipe, já utilizando a metodologia proposta na Figura 1.

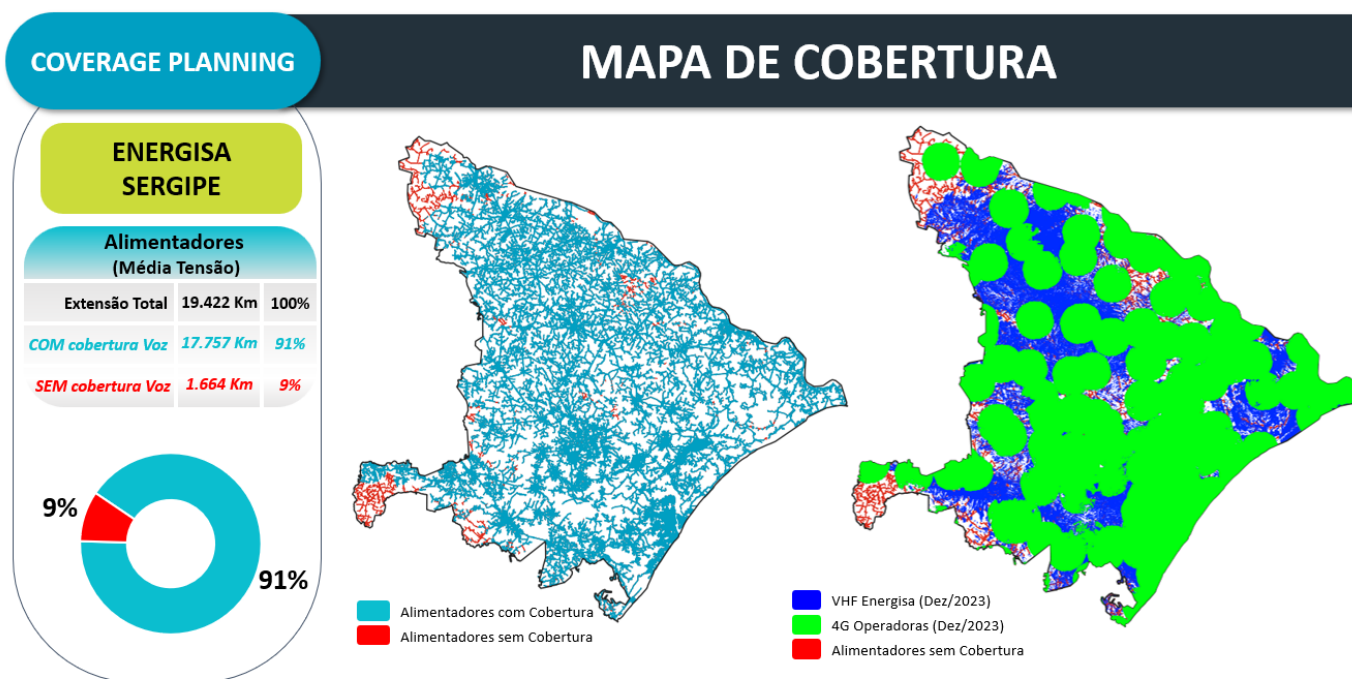


Figura 2: Mapa de cobertura de Voz - Energisa Sergipe

2.2 - Dados Relevantes para o Negócio:

Para garantir que os investimentos em cobertura de voz e dados sejam direcionados de maneira estratégica, foram utilizados dados operacionais cruciais que refletem diretamente a qualidade do serviço prestado e o impacto nas operações. Entre os indicadores considerados, três se destacam por sua relevância no processo de priorização de cobertura: DEC, FEC e TMA.

DEC: Este indicador representa o tempo médio de interrupção no fornecimento de energia, impactando diretamente a satisfação dos clientes e a eficiência das operações. A análise do DEC permite identificar áreas onde as interrupções são mais frequentes e severas, sendo um parâmetro essencial para a definição das prioridades na cobertura de voz e dados.

2. **FEC:** Mede a quantidade de interrupções em determinado período, fornecendo uma visão detalhada sobre a regularidade das falhas na rede. Regiões com altas taxas de interrupção são prioritárias, pois demonstram maior necessidade de conectividade eficiente, tanto para as equipes de campo quanto para a automação dos ativos de distribuição.
3. **TMA:** Refere-se ao tempo médio necessário para que as equipes de campo atendam às ocorrências e resolvam problemas nas redes. Esse indicador é crucial, pois áreas com altos tempos de atendimento geralmente estão associadas a desafios logísticos ou à falta de infraestrutura de comunicação, sendo, portanto, prioritárias para a expansão da cobertura de voz e dados.

A consideração desses dados permite a criação de um plano de cobertura que maximize os impactos positivos no negócio e na qualidade do serviço prestado aos clientes.

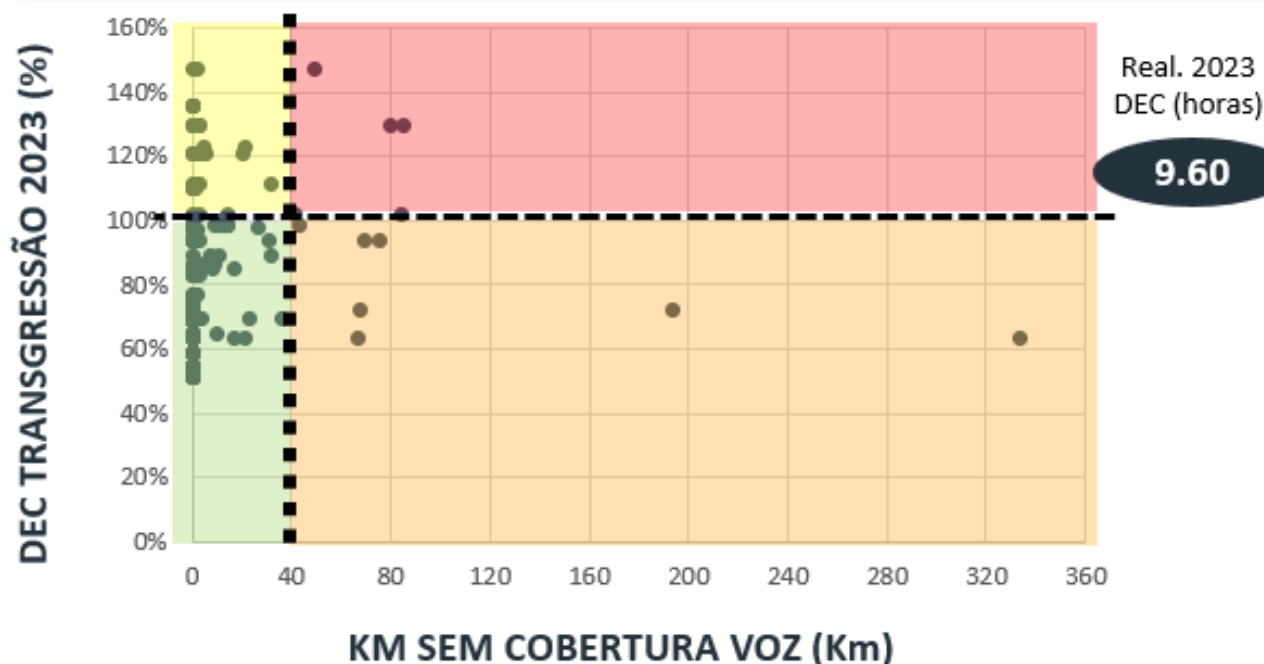
2.3 – Resultados da Aplicação da Metodologia:

A aplicação da metodologia de geoprocessamento permitiu uma análise detalhada das áreas de cobertura de voz e dados e sua correlação com indicadores operacionais relevantes para o negócio. A seguir, são apresentados os resultados obtidos a partir dessa análise, com base nos gráficos que ilustram a relação entre a quantidade de quilômetros sem cobertura de voz e os indicadores DEC, FEC e TMA. Os dados utilizados foram em relação ao ano de 2023 da Energisa Sergipe.

Raio-X: DEC por Alimentador de Média Tensão e Km sem Cobertura de Voz:

O primeiro gráfico (Figura 3) mostra a transgressão do indicador DEC por alimentador de média tensão, correlacionado com o *gap* de cobertura de voz. O eixo **vertical** representa a transgressão do DEC, enquanto o eixo **horizontal** mostra a quantidade de quilômetros sem cobertura de voz. Esse gráfico permite visualizar se as áreas com maior tempo de interrupção de energia coincidem com as zonas sem cobertura de voz, fornecendo *insights* sobre a relação entre a qualidade da rede de distribuição e a cobertura de comunicação.

Transgressão DEC x Qtd. Km sem Cobertura Voz



● Alimentadores (Média Tensão)

Figura 3: Gráfico Transgressão DEC por Alimentador de Média Tensão versus Quantidade Km sem Cobertura de Voz.

Raio-X: FEC por Alimentador de Média Tensão e Km sem Cobertura de Voz:

O segundo gráfico (Figura 4) apresenta a transgressão do FEC por alimentador de média tensão em função do *gap* de cobertura de voz. O eixo **vertical** mostra a transgressão do FEC, e o eixo **horizontal** indica a extensão da área sem cobertura de voz. Através deste gráfico, é possível observar se as áreas com maior frequência de interrupções na rede de distribuição também estão relacionadas a deficiências na cobertura de comunicação.

Transgressão FEC x Qtd. Km sem Cobertura Voz

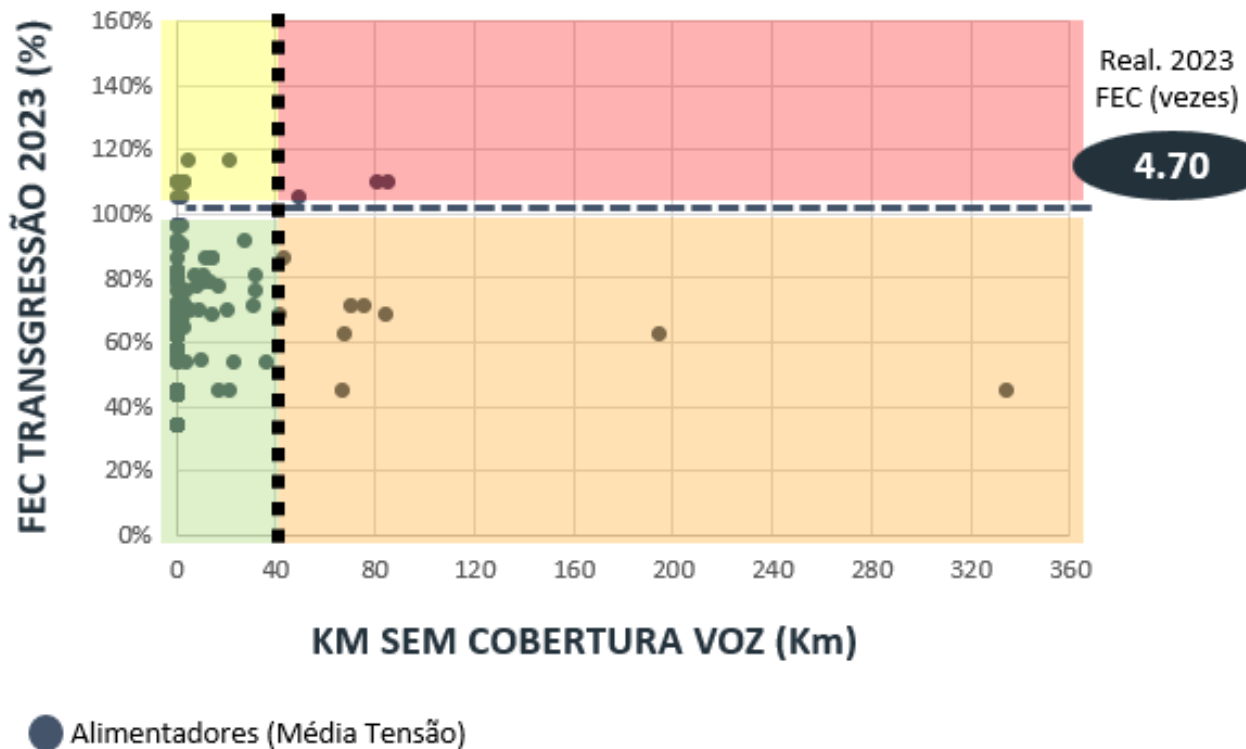


Figura 4: Gráfico Transgressão FEC por Alimentador de Média Tensão versus Quantidade Km sem Cobertura de Voz.

Raio-X: TMA por Alimentador de Média Tensão e Km sem Cobertura de Voz: O terceiro gráfico (Figura 5) correlaciona o TMA (Tempo Médio de Atendimento) com o *gap* de cobertura de voz. O eixo **vertical** exibe o TMA, e o eixo **horizontal** mostra os quilômetros sem cobertura de voz. Este gráfico ajuda a identificar se há uma associação entre áreas com longos tempos de atendimento e a falta de cobertura de voz, o que pode indicar dificuldades logísticas que impactam a eficiência da operação.

TMA (minutos) x Qtd. Km sem Cobertura Voz

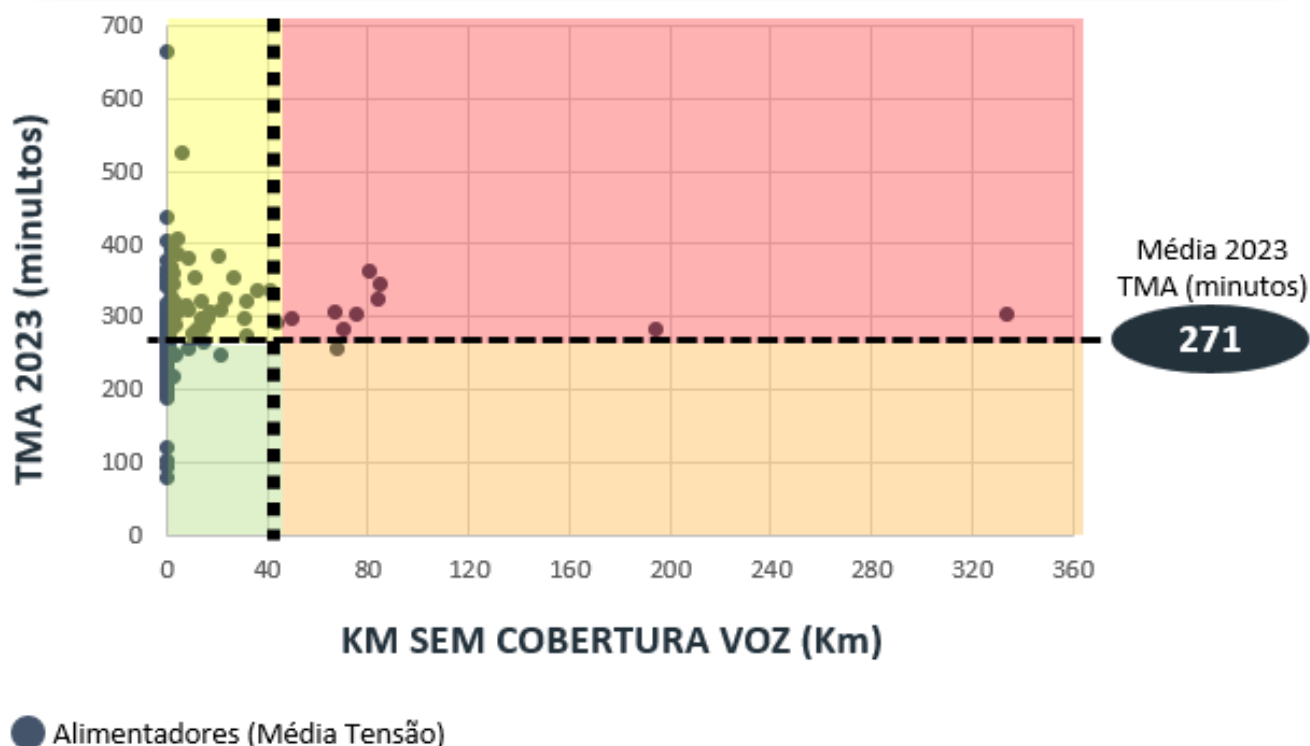
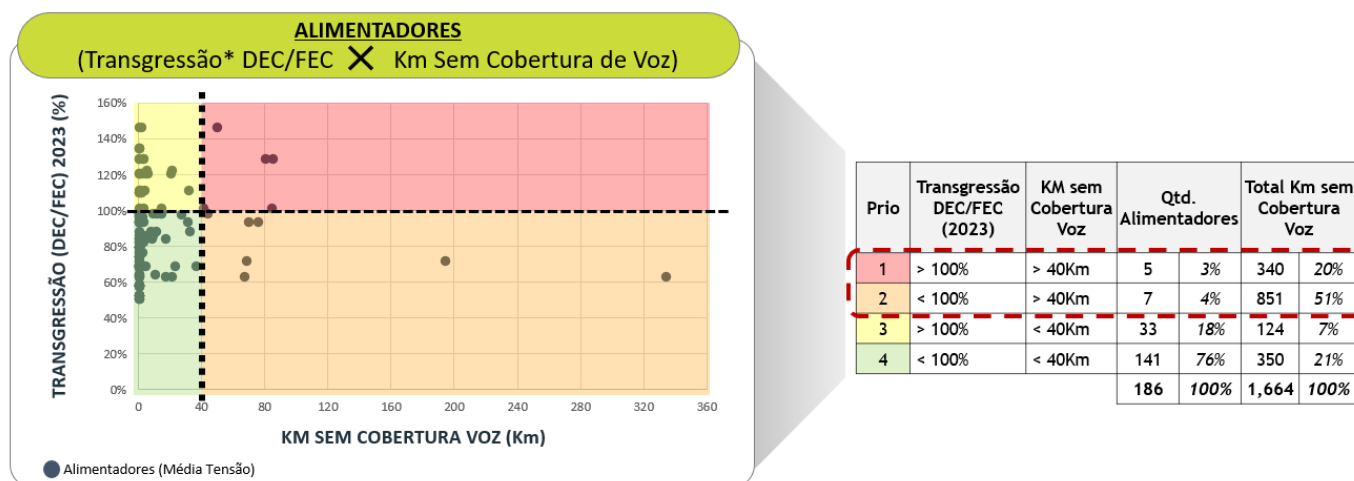


Figura 5: Gráfico TMA por Alimentador de Média Tensão versus Quantidade Km sem Cobertura de Voz.

Raio-X: DEC/FEC por Alimentador de Média Tensão e Km sem Cobertura de Voz: O último gráfico (Figura 6) combina os indicadores DEC e FEC, mostrando a transgressão do pior valor entre os dois indicadores por alimentador de média tensão em relação ao *gap* de cobertura de voz. O eixo **vertical** representa a transgressão do maior valor entre DEC e FEC, e o eixo **horizontal** indica a quantidade de quilômetros sem cobertura de voz. Esse gráfico é crucial para identificar as áreas mais críticas, onde a cobertura de comunicação é necessária para melhorar tanto a continuidade do serviço quanto a eficiência operacional.

Na Figura 5, na parte à direita, é apresentado a tabela com a volumetria de alimentadores que se posicionaram em cada quadrante. O foco principal está no quadrante "Prio 1" onde foram identificados 5 alimentadores (3% do total de alimentadores), que seus respectivos conjuntos elétricos ficaram com DEC e/ou FEC transgredidos, e que possuem 340 Km de extensão de rede sem cobertura de voz (representando 20% do total de Km sem cobertura da Energisa Sergipe). Portanto, são estes os alimentadores que serão sugeridos a ampliação de cobertura de VHF.



*A Transgressão (DEC e FEC) atribuída a cada Alimentador representa o valor realizado / meta do respectivo Conjunto associado.

Figura 6: Gráfico Transgressão DEC/FEC por Alimentador de Média Tensão versus Quantidade Km sem Cobertura de Voz.

Exemplo de Aplicação da Metodologia: Foi selecionado o alimentador "top 1" da Energisa Sergipe para ilustrar o impacto da metodologia de geoprocessamento aplicada no planejamento da cobertura de voz, de modo a realizar a comparação entre a situação **"AS IS"** e a projeção **"TO BE"** para o alimentador de média tensão com a maior quantidade de quilômetros sem cobertura de voz e a maior transgressão nos indicadores DEC e FEC.

A Figura 7, apresenta:

- **AS IS:** A situação atual da cobertura de voz, mostrando a área afetada pela falta de conectividade.
- **TO BE:** A projeção da cobertura de voz após a implementação das melhorias planejadas, com a instalação de novas repetidoras e ampliação da rede de cobertura.

Esta comparação permite visualizar de forma tangível como a expansão da cobertura contribuirá diretamente as áreas com maior necessidade de cobertura de voz, priorizando as regiões que mais influenciam os indicadores operacionais e, consequentemente, a eficiência operacional da empresa.

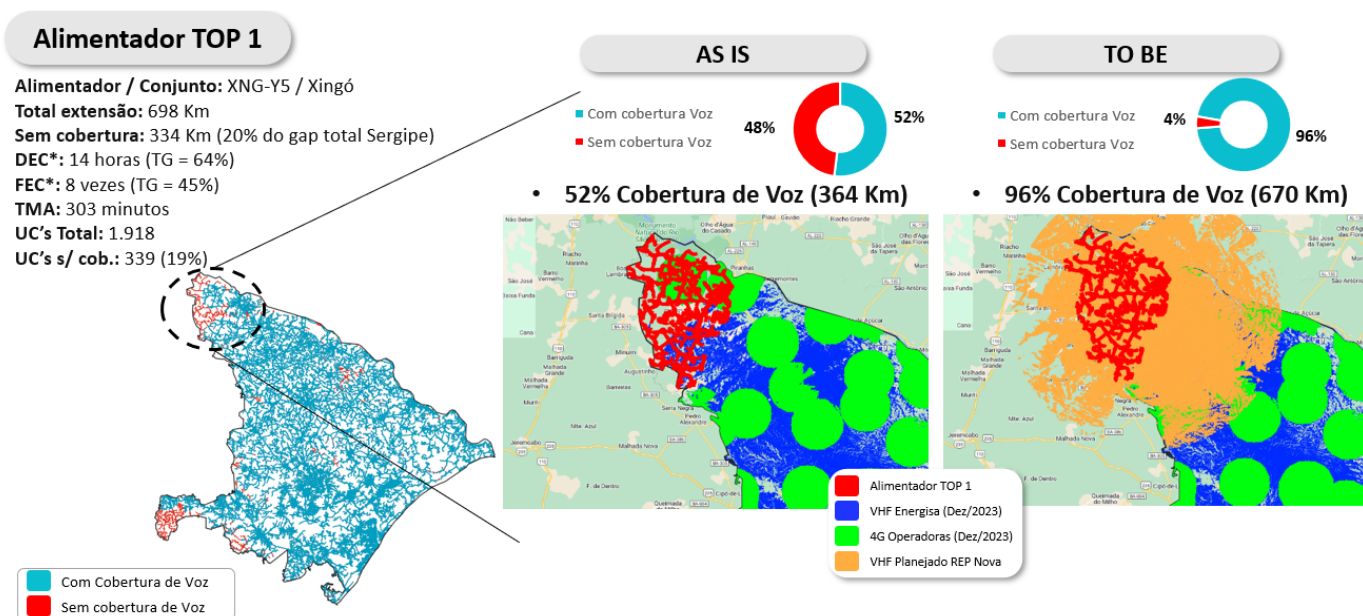


Figura 7: Aplicação da metodologia - AS IS e TO BE do alimentador TOP 1.

Através dessa comparação, fica evidente a potencial transformação na disponibilidade da cobertura de voz, que poderá contribuir melhorar significativamente o desempenho dos indicadores DEC e FEC, além de otimizar o tempo de atendimento das equipes de campo, refletindo consequentemente na eficiência e satisfação do cliente final. **Escalabilidade da metodologia:** O método foi aplicado nas **9 distribuidoras do Grupo Energisa**, na construção do Projeto de Ampliação de Cobertura, contido no Plano Orçamentário trianual da empresa, atualizado a cada ano. Cada distribuidora dispõe de diferentes cenários e desafios, seja por quantidade de alimentadores sem cobertura, seja por regiões com características de relevo distintas, seja por diferentes situações de indicadores operacionais (DEC/FEC...) e diferentes cenários orçamentários. Somando todas as 9 distribuidoras do Grupo Energisa, quando comparado o Antes e Depois da aplicação da metodologia no Projeto trianual, tivemos **aumento de 47% das Repetidoras previstas no escopo anterior do projeto**, pois foram alimentadores mapeados com alto *gap* de cobertura e também alta relevância ao negócio. Em contrapartida, tivemos a **redução de 16% das Repetidoras previstas no escopo anterior do projeto**, mas que foram retiradas do plano, pois não estavam posicionadas com relevância alta ao negócio.

3. Conclusão

Este estudo evidenciou a importância do planejamento estratégico, baseado em **geoprocessamento e análise de dados**, para a expansão da cobertura de voz e dados em empresas de *utilities*. A aplicação de metodologias *data-driven* permitiu uma priorização eficaz das áreas de investimento, considerando o impacto nos indicadores de desempenho, como DEC, FEC e TMA. Outro ponto importante destacar é que o método é **replicável em qualquer distribuidora**, já que utiliza de ferramentas *open source* e dados de domínio público.

Os resultados indicaram que **não há uma correlação direta entre a cobertura de voz e os indicadores operacionais**, sugerindo que a melhoria na qualidade do serviço não depende exclusivamente da conectividade. A análise revelou que, embora os *gaps* de cobertura sejam críticos, eles não justificam sozinhos as transgressões nos indicadores, o que proporcionou um entendimento mais preciso da relação

causa e efeito entre cobertura e desempenho operacional. Portanto, a análise do Raio-X contribui para o entendimento de que podem existir casos de alimentadores com baixa performance operacional (DEC/FEC com transgressão acima de 100%), porém, que já possuem 100% da sua extensão de rede com cobertura de voz e dados. Para estes casos, podemos eliminar que a causa raiz seja disponibilidade de cobertura, mas que deve ser investigado outras causas raízes possíveis.

Entretanto, **a aplicação da ciência de dados e análise espacial no planejamento da cobertura agregou valor ao negócio**, permitindo otimizar investimentos e alocar recursos de maneira mais estratégica. Essa abordagem garantiu um direcionamento mais assertivo dos recursos, priorizando áreas com maior impacto operacional e alinhando as ações às necessidades reais do negócio. **O raio-x da cobertura permitiu a otimização do projeto de ampliação de cobertura das 9 distribuidoras do Grupo Energisa**, onde somando as empresas, houve um aumento de 47% no número de Repetidoras incluídas no plano devido a nova metodologia, e a redução de 16% de Repetidoras que não foram apontadas com relevância ao negócio. Além disso, facilitou a definição eficiente dos novos pontos de repetidoras, focando nas regiões de maior relevância.

Estudos futuros podem explorar outros fatores que impactam os indicadores de desempenho, como a infraestrutura existente e a eficiência operacional das equipes de campo, expandindo a compreensão sobre as variáveis que influenciam a performance da operação.

4. Referências bibliográficas

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações. Plataforma Mosaico - Painel de Cobertura. Disponível em: <https://sistemas.anatel.gov.br/se/public/cmap.php>.

COUDÉ, R. Radio mobile. VE2DBE. Disponível em: <http://www.ve2dbe.com/rme.html>

QGIS. Disponível em: <https://qgis.org/>

MOTA, V. F. A.; PEREIRA, M. A.; XAVIER, C. R. Modelo de predição de sinal celular baseado em relevo e densidade populacional. [S.l.]: INPE, 2023.

ISSN 2179-4847. IBI: 8JMKD3MGPDW34P/4ADCTSE. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGPDW34P/4ADCTSE>