

Decisão de investimento em redes de distribuição impactadas por cargas sobre a óptica da qualidade do Produto – Estudo de Caso EDP Distribuição SP

Eng. Felipe Ariel Meneguello dos Santos
EDP Distribuição São Paulo – Planejamento da Expansão
felippe.santos@edpbr.com.br

Tec. Edson Franco Carneiro da Silva
EDP Distribuição São Paulo – Projetos e Construção
edson.silva@edpbr.com.br

Eng. Alexandre Gonçalves
EDP Distribuição São Paulo – Planejamento da Expansão
alexandre.goncalves@edpbr.com.br

Eng. Walker Alexandre de Souza
EDP Distribuição São Paulo – Planej. da Manutenção
walker@edpbr.com.br

Resumo — Este artigo apresenta o estudo de caso para discussão das dificuldades e critérios para atendimento de cargas expressivas localizadas distantes da fonte supridora. Abordaremos o caso de uma Mineradora conectada ao SD da EDP, que embora atendida conforme regulação, percebe perturbações sem padrões de referência, oriundas de sua própria instalação, gerando reclamações. A regulação em vigor não trata com clareza o procedimento que deve ser adotado na situação apresentada, onde obras estruturais, que mitigariam as perturbações percebidas, requerem altos investimentos. A qualidade requerida pelo cliente está além do regulamentado, sendo necessárias soluções que esbarram em questões financeiras e regulatórias. O risco de não reconhecimento dos investimentos limitam a aplicação de soluções estudadas pela EDP, já que há risco de glosa.

Palavras-chaves — Afundamento de tensão, Critérios de investimento, Motor de indução trifásico (MIT), Potência de curto circuito, Qualidade do produto, Variação de tensão de curta duração.

I. INTRODUÇÃO

A O Sistema de Distribuição da EDP Distribuição São Paulo tem atualmente um alimentador que supre cargas de uma empresa do ramo da mineração na região do Vale do Paraíba. Este cliente possui demanda expressiva, com dezenas de motores de grande porte e está conectado a 32 km da subestação supridora. O alimentador que atende a Mineradora possui 249 km de extensão, sendo que 93% da rede de

Eng. Natanael Barbosa Pereira
EDP Distribuição São Paulo – Projetos e Construção
natanael.pereira@edpbr.com.br

Tec. Guilherme Junji de Almeida Fujihara
EDP Distribuição São Paulo – Operação e Controle
guilherme.fujihara@edpbr.com.br

Eng. Márcio da Costa Jardim
EDP Distribuição São Paulo – Operação e Controle
marcio.jardim@edpbr.com.br

distribuição percorre a zona rural e 75% do tronco do alimentador até o ponto de conexão da Mineradora é composto por cabos de baixa capacidade e elevada impedância. As manobras de carga com o alimentador que atende a Mineradora são restritas, pois o mesmo é radial sem recurso. A Figura 1 apresenta a configuração do referido alimentador.

Nos últimos anos a EDP Distribuição São Paulo tem sido alvo constante de reclamações por parte da Mineradora quanto à qualidade do produto, apesar de atendermos o cliente conforme prevê o Módulo 8 do PRODIST. Após estudarmos as causas das reclamações, concluímos que são decorrentes de Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD) que, por sua vez, são causadas pela própria característica de carga do cliente.

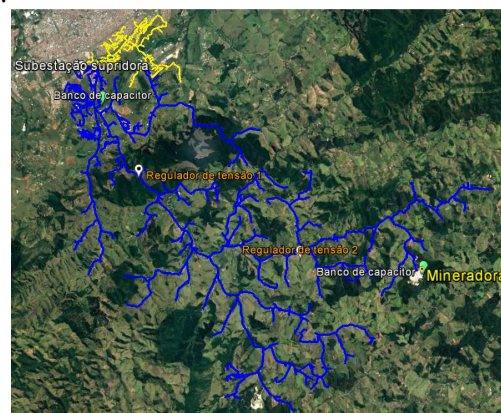


Fig. 1. Configuração do alimentador que supre as cargas da Mineradora.

A resolução vigente não contempla padrões de referência para VTCD's. Entretanto, visando a satisfação do cliente com a EDP Distribuição São Paulo ao longo dos anos, ações foram tomadas para mitigar os efeitos das perturbações. As soluções de fácil implantação, tanto pela Mineradora quando pela Distribuidora, estão se esgotando, sendo necessárias alternativas estruturais de maior impacto técnico e financeiro. A configuração do alimentador que atende a Mineradora apresenta potência de curto-circuito baixa, devido à impedância equivalente no ponto de conexão ser alta. As alternativas estudadas buscam a elevação da potência de curto-circuito para diminuir a susceptibilidade as VTCD's.

II. DESENVOLVIMENTO

A. Condições atuais de atendimento à Mineradora

As características técnicas do alimentador que atende a Mineradora são apresentadas na Tabela 1.

Devido à queda de tensão provocada pela distância de 32 km entre a Mineradora com a subestação supridora, o alimentador é equipado com dois conjuntos de Reguladores de Tensão em série, dois Bancos de Capacitor, sendo um deles instalado próximo ao ponto de conexão com cliente. A Figura 2 apresenta o diagrama esquemático do alimentador que atende a Mineradora, juntamente com o perfil de tensão em regime permanente.

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ALIMENTADOR ALM.

Dados do alimentador

Código do Alimentador	ALM
Padrão Construtivo do alimentador	AÉREO
Tipo do alimentador	RADIAL
Tensão nominal do alimentador (em kV)	13,8
Quantidade de consumidores atendidos	6078
Potência instalada (em MVA)	20,8
Comprimento do condutor tronco (em km)	55,5
Tipo de condutor predominante no tronco	COMPACTO
Comprimento do condutor ramal (em km)	205,9
Tipo de condutor predominante nos ramais	SINGELO
Corrente nominal do alimentador (em A)	430
Corrente efetiva do alimentador (em A)	405
Quantidade de transformadores de distribuição	743
Carregamento registrado (em A)	280
Carregamento da Mineradora (em A)	67 (1.600 kW)
Potência de curto-circuito trifásica no disjuntor da SE	8 (em kA)
Potência de curto-circuito trifásica na Mineradora	0,4 (em kA)

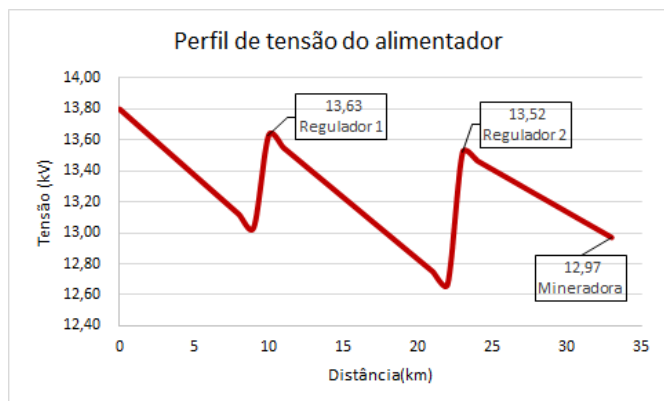


Fig. 2. Perfil de tensão em regime permanente do alimentador que supre as cargas da Mineradora.

Com o auxílio dos Reguladores de Tensão o comportamento da tensão ao longo do alimentador atende os parâmetros de referência determinados pelo Módulo 8 do PRODIST.

B. Causa das ocorrências de VTCD's e o caso da Mineradora

As VTCD's estão atreladas à continuidade da operação das plantas industriais, prédios comerciais ou maquinário instalado dos clientes, visto que os sistemas de proteção das cargas possuem restrições quanto à qualidade da tensão que as alimenta. As origens das VTCD's podem ser classificadas em:

- Afundamento externo: de origem externa à instalação do cliente, ou seja, rede de distribuição;
- Afundamento interno: de origem na própria instalação do cliente.

O Sistema de Distribuição tem a maior susceptibilidade a VTCD's decorrentes de intervenções na rede de distribuição, refletindo na tensão de suprimento dos clientes. Os casos mais comuns são de curto-circuito fase-terra, causando afundamento da fase defeituosa, chaveamento de Bancos de Capacitores e manobras de grandes blocos de carga.

Perturbações causadas por razões internas, em geral são provocadas por partidas de grandes motores, equipamentos que demandam um montante de energia reativa que podem não ser suportadas adequadamente pelo alimentador, em função da baixa potência de curto-circuito no ponto de conexão da Distribuidora com o cliente.

As reclamações de afundamento de tensão que a Mineradora apresentou fizeram com que a EDP Distribuição São Paulo estudasse as origens das perturbações, ocasião em que foi possível observar que os afundamentos são de origem interna. A Figura 3 apresenta as ocorrências das VTCD's e a curva de carga da Mineradora, em que podemos observar que a maior incidência de VTCD's ocorre entre as 15h00 e 16h00, período em que a carga da Mineradora aumentou consideravelmente.

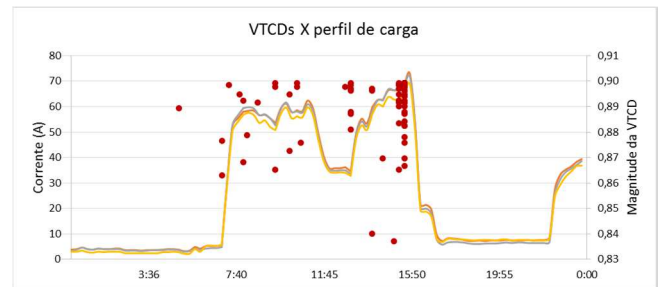


Fig. 3. Ocorrência de VTCD's em função da Corrente da Mineradora.

As VTCD's registradas variaram entre 0,8 e 0,9 p.u. da tensão de referência (13,2 kV – tensão contratual).

As Figuras 4 apresentam o comportamento da tensão em função da carga da Mineradora, em que fica evidente a variação da tensão ao longo do dia, em função da variação da carga da própria Mineradora. As regiões destacadas indicam os horários de ponta, em que o cliente reduz sua carga. A Figura 4a indica o comportamento durante os dias úteis e a Figura 4b indica o comportamento durante os finais de semana.

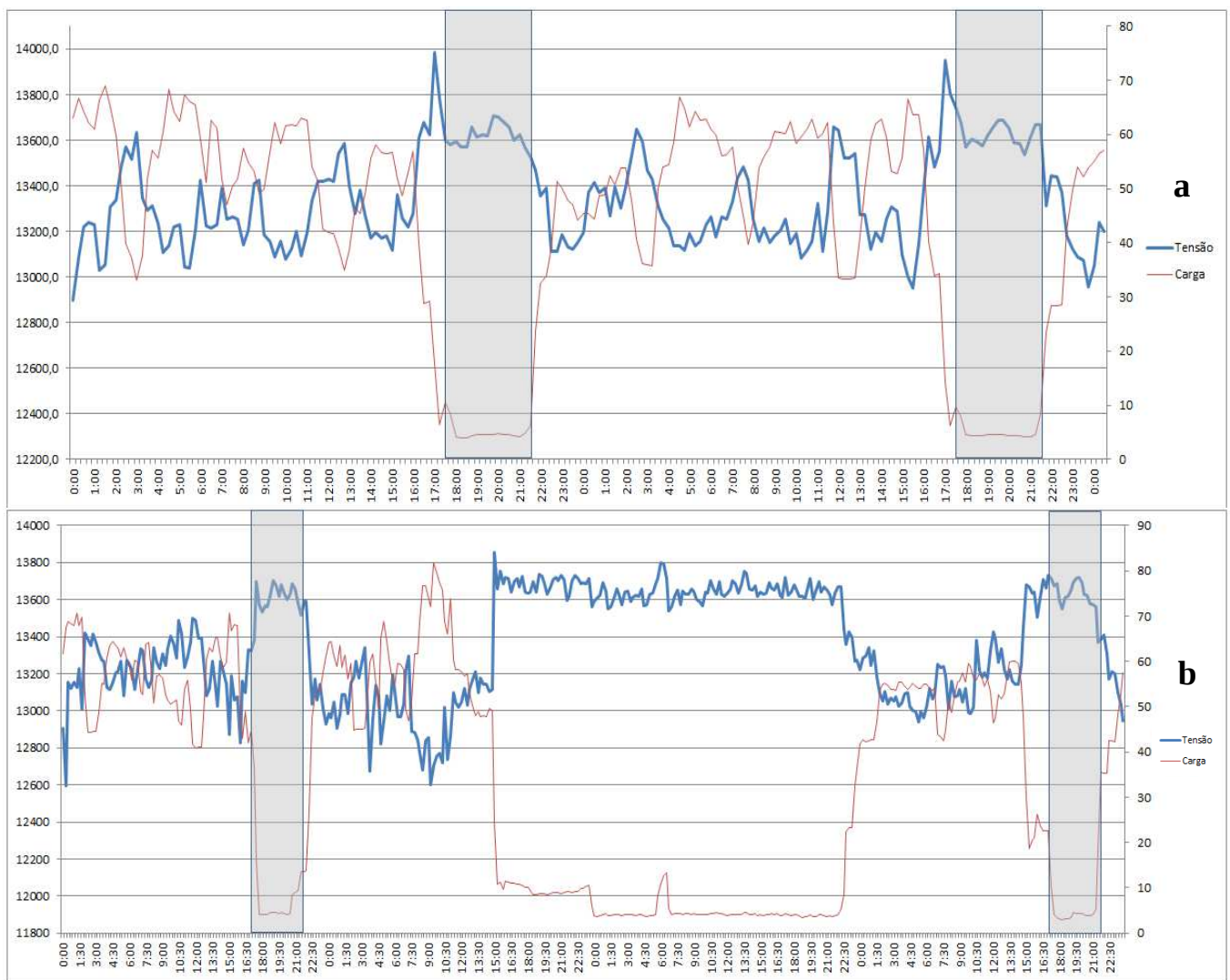


Fig. 4. Comportamento da tensão em regime permanente em função da carga da Mineradora.

C. O que a regulação nos obriga quanto à qualidade do produto e serviço

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, os indicadores regulamentados referentes à qualidade do produto são: DRP (duração relativa da transgressão de tensão precária) e DRC (duração relativa da transgressão de tensão crítica), que expressam o percentual do tempo no qual a unidade consumidora permaneceu com tensão precária ou com tensão crítica, em que são estabelecidos os limites para indicadores de tensão em regime permanente, com os seguintes parâmetros: 3% para o DRP e 0,5% para o DRC.

A Figura 5 apresenta os resultados de medição de tensão no ponto de conexão da Mineradora, em que podemos observar que os índices DRP e DRC estão dentro da faixa adequada. O maior valor de DRP e DRC apurados foram 0,89% e 3%, respectivamente, indicando que as obrigações regulatórias estão sendo atendidas pela EDP Distribuição São Paulo.

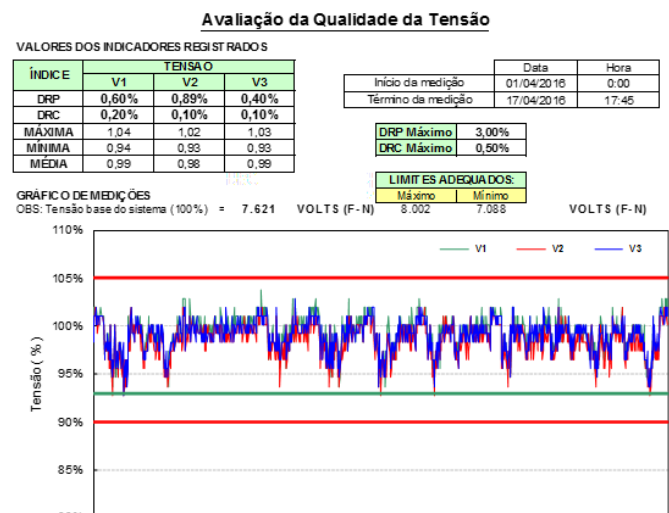


Fig.5. Avaliação de qualidade do produto.

Os indicadores regulamentados referentes à qualidade do serviço são: DIC (duração de interrupção individual por unidade consumidora), FIC (frequência de interrupção individual por unidade consumidora) e DMIC (duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora). A Tabela 2 indica nas colunas “Limite ANEEL” os valores máximos aceitos como adequado para o alimentador que

atende a Mineradora. Portanto, podemos verificar que os valores apurados estão dentro do limite estabelecido.

TABELA 2. INDICADORES DE QUALIDADE DE SERVIÇO.

Ano	Período	DIC		FIC		DMIC	
		Apurado	Limite ANEEL	Apurado	Limite ANEEL	Apurado	Limite ANEEL
2016	Jan	0,85	8,95	1,00	4,57	0,85	4,74
	Fev	2,55	8,95	2,00	4,57	1,75	4,74
	Mar	1,10	8,95	1,00	4,57	1,10	4,74
	1º TRI	4,50	17,91	4,00	9,15	-	-
	Abr	6,40	8,95	3,00	4,57	4,20	4,74
	Mai	0,00	8,95	0,00	4,57	0,00	4,74
	Jun	0,00	8,95	0,00	4,57	0,00	4,74
	2º TRI	6,40	17,91	3,00	9,15	-	-
	Jul	0,00	8,95	0,00	4,57	0,00	4,74
	Ago	0,00	8,95	0,00	4,57	0,00	4,74
	Set	0,00	8,95	0,00	4,57	0,00	4,74
	3º TRI	0,00	17,91	0,00	9,15	-	-
	Out	0,00	8,95	0,00	4,57	0,00	4,74
	Nov	0,00	8,95	0,00	4,57	0,00	4,74
	Dez	0,00	8,95	0,00	4,57	0,00	4,74
	4º TRI	0,00	17,91	0,00	9,15	-	-
	Ano	10,90	35,82	7,00	18,31	-	-

D. Alternativa estudada: diminuição da distância elétrica

A propagação das VTCD's no Sistema de Distribuição tem influência direta com a intensidade do distúrbio, topologia da rede e potência de curto-circuito nas diversas barras. A potência de curto-circuito relaciona-se com a área de exposição à VTCD, pois, quanto menor for a potência de curto-circuito, maior será a área de exposição ao distúrbio, sendo a região em questão suscetível a afundamentos mais intensos.

Para o caso da Mineradora, a potência de curto-circuito no ponto de conexão com o cliente é de 9,41 MVA, enquanto no disjuntor da subestação supridora 239,02 MVA. Desta forma, como a Mineradora é a própria geradora do distúrbio, fica evidente que este é mais intenso em seu ponto de conexão.

Para aumentar a potência de curto-circuito no ponto de conexão com a Mineradora, a distância elétrica entre a carga e a fonte deve ser reduzida. Basicamente existem duas alternativas, sendo:

- Construir de uma nova subestação nas proximidades da Mineradora;
- Diminuir a impedância equivalente de rede entre o ponto de conexão com a Mineradora e a subestação supridora.

A alternativa de construção de nova subestação próximo a Mineradora é inviável, pois a carga da região concentra-se na posição oposta a Mineradora. Dentre as alternativas possíveis para diminuição da impedância equivalente simulamos o recondutoramento de aproximadamente 20 km de rede, por cabos de menor impedância e, dessa forma, foi possível aumentar a potência de curto-circuito em 58%. A Tabela 3 apresenta os valores de potência de curto-circuito e impedância equivalente, antes e após o recondutoramento.

TABELA 3. PARÂMETROS DO ALIMENTADOR ANTES E APÓS O RECONDUTORAMENTO.

Parâmetro	Cenário atual	Cenário futuro (recondutorado)
Potência de curto circuito	9,41 MVA	16,35 MVA
Impedância equivalente	19 Ω	11 Ω

Os resultados das simulações de partida de motor, antes e após o recondutoramento, comprovam a influência da potência de curto-circuito no comportamento das partidas.

TABELA 4. RESULTADOS NAS SIMULAÇÕES DE PARTIDA DE MOTOR.

	Cenário atual	Cenário futuro (recondutorado)
	Tensão (p.u.)	Tensão (p.u.)
Antes da partida		
Fase D	0,91	0,95
Fase E	0,91	0,95
Fase F	0,92	0,95
Durante da partida		
Fase D	0,89	0,94
Fase E	0,86	0,93
Fase F	0,89	0,93

Os custos associados ao recondutoramento de aproximadamente 20 km de rede, apurados através de custos modulares, são apresentados na Tabela 5.

TABELA 3. CUSTOS DE RECONDUTORAMENTO.

Alternativa estudada	Custo modular (R\$)
Recondutoramento – aproximadamente 20 km	1.870.000,00

Com a alternativa simulada fez com que o dimensionamento da rede de distribuição estivesse superdimensionada se analisa apenas do ponto de vista de regime permanente, pois a estrutura de rede atual suporta 219A e atende as condições de regime permanente, já a estrutura de rede proposta considerando o recondutoramento suporta 430A o que mostra claramente que para o regime permanente a rede está superdimensionada. Entretanto é a solução viável para mitigar perturbações que causam VTCD's.

E. A Critérios atuais de atendimento de clientes de média tensão

O atendimento de clientes de média tensão limita-se à demanda de 2.500 kW, ou se houver conveniência técnica e econômica para o atendimento de demandas acima de 2.500 kW, conforme estabelecido na Resolução Normativa 414/2010 da ANEEL. Atualmente, os estudos para a liberação de carga, sejam decorrentes de acréscimo de demanda ou ligação nova, são analisados conforme o fluxograma apresentado na Figura 6.

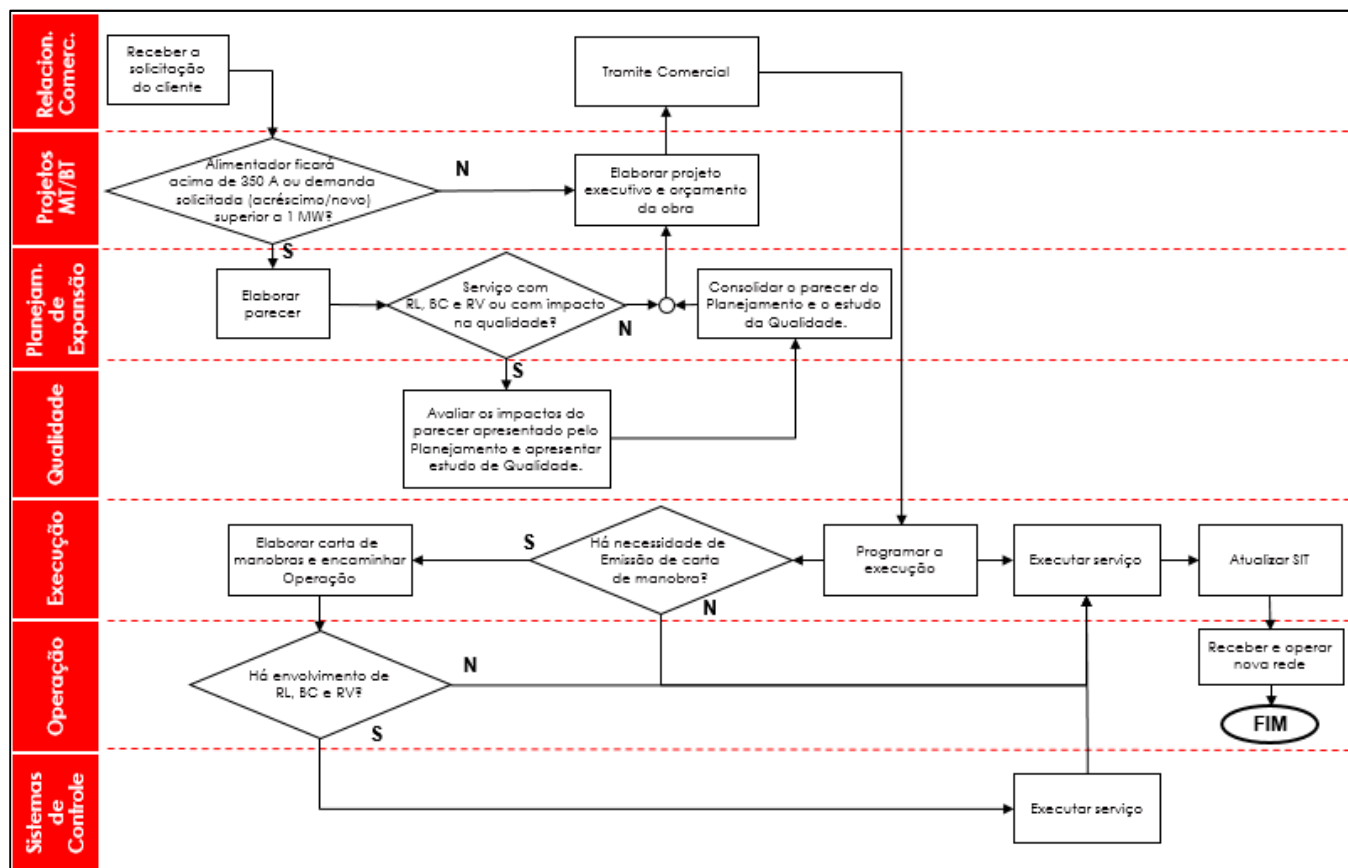


Fig.6. Fluxograma de estudos de liberação de cargas.

Os carregamentos dos trechos e níveis de tensão do sistema de distribuição são analisados considerando a conexão da carga solicitada. Após essa análise é avaliada a necessidade de obras, podendo ser reforços ou ampliações. O Planejamento da Expansão pondera suas análises por critérios de capacidade do Sistema e a Qualidade pondera suas análises por critérios de qualidade, considerando número de clientes e equipamentos que são possivelmente perturbadores.

Cargas com características perturbadoras tem estudos de impacto ao sistema solicitado junto ao cliente. Caso constatado que as cargas causarão perturbações, sua liberação é condicionada à adequação para eliminar o impacto ao sistema de distribuição.

III. CONCLUSÃO

A EDP Distribuição São Paulo tem compromisso com a plena satisfação dos seus clientes. Porém, para o caso específico da Mineradora, as ações de fácil implantação, que visam mitigar as VTCD's percebidas pelo cliente se esgotaram, sendo necessários investimentos de maior vulto. Tais investimentos podem nos incorrer em glosas regulatórias, pois o órgão regulador pode não avaliar a prudência deste investimento.

Conforme abordado no item 2.3, o recondutoramento de aproximadamente 20 km de rede é uma solução para o problema enfrentado pela Mineradora. Entretanto, este investimento de R\$ 1,8 milhões traz o benefício direto a apenas um cliente, que atualmente é atendido conforme regulação vigente. Ocorre que este cliente apresenta constantes reclamações junto à Distribuidora e órgãos tais como: FIESP,

ANEEL, Poder Público, entre outros, o que impacta diretamente na imagem da EDP Distribuição São Paulo, além da grande mobilização interna para atendimento.

Este caso em específico deve ser apresentado ao órgão regulador, em que a EDP Distribuição São Paulo deverá demonstrar o interesse em realizar os investimentos necessários, porém consultando sobre seu entendimento quanto à sua realização com foco na melhoria da qualidade do produto visando a satisfação do cliente e mitigando os riscos de glosa. Outra questão que deve ser levada em consideração é até quanto o cliente aceitaria uma tarifa maior para ter ativo superdimensionado para o regime permanente, para mitigar perturbações transitórias que não tem seus limites de referência da qualidade do produto estabelecidos.

III. REFERÊNCIAS

- [1] ONS. PROCEDIMENTOS DE REDE – Módulo 3 – Acesso às instalações de transmissão, Versão 1.1, Brasília, 2015.
- [2] ANEEL. PRODIST – Módulo 2 – Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição, Versão 6.0, Brasília, 2010.
- [3] ANEEL. PRODIST – Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica, Versão 7.0, Brasília, 2015.
- [4] ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA 414 – Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica, Versão 7.0, Brasília, 2015.