



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANESSE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

BRUNO JACONELE DOS SANTOS CRUZ

**APLICABILIDADE DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE
NA REDUÇÃO DE QUEIMA DE ELO FUSÍVEL: Estudo de
Caso em uma Empresa de Extração e Produção de
Petróleo**

**Aracaju - Sergipe
2011.2**

BRUNO JACONELE DOS SANTOS CRUZ

**APLICABILIDADE DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE
NA REDUÇÃO DE QUEIMA DE ELO FUSÍVEL: Estudo de
Caso em uma Empresa de Extração e Produção de
Petróleo**

**Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Engenharia de Produção da Faculdade de
Administração e Negócio de Sergipe - FANESE,
como Requisito para obtenção da Graduação em
Engenharia de Produção, no período de 2011.2.**

**Orientadora: Prof^a.Msc.Sandra Patrícia Bezerra
Rocha**

Coordenador: Prof. Dr. Jefferson Arlen Freitas

**Aracaju –SE
2011.2**

BRUNO JACONELE DOS SANTOS CRUZ

**APLICABILIDADE DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE
NA REDUÇÃO DE QUEIMA DE ELO FUSÍVEL: Estudo de
Caso em uma Empresa de Extração e Produção de
Petróleo**

Monografia apresentada à Banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócio de Sergipe - FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção no período de 2011.2.

Prof^a.Msc.Sandra Patrícia Bezerra Rocha
Orientadora

Prof. Dr. Jefferson Arlen Freitas
Examinador

Prof. Esp. André Maciel Passos Gabillaud
Examinador

Aprovado (a) com média: _____

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2011.

Dedico este trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

À Deus, criador de tudo e de todos.

À minha família, esteio dos momentos difíceis

Aos amigos e Colegas de profissão, pelos caminhos que ainda serão percorridos.

"O sucesso tem muitos pais, mas o fracasso é órfão."

John Fitzgerald Kennedy

RESUMO

Depois da Revolução Industrial, as empresas passaram a se preocupar mais intensamente com a qualidade de seus produtos e serviços, a fim de manter-se no mercado competitivo. Além disso, as interrupções na produção representavam perdas de produtividade, fazendo com que as organizações investissem em metodologias de gestão para melhorar os processos produtivos. Ao identificar altos índices de queima de elo fusível, que interferiam na disponibilidade de equipamentos elétricos dos poços de petróleo e representava perdas na produção, foi realizado estudo a fim de que se identificassem as causas do problema, com o intuito de bloqueá-las. Neste contexto, esta pesquisa tem o objetivo de: avaliar a aplicabilidade de ferramentas da qualidade na redução de queima de elo fusível em uma empresa de extração e produção de petróleo. Através de metodologia explicativo-descritivo, este trabalho descreveu o processo de fornecimento de energia da empresa em análise, identificando e analisando suas causas. Ao fim, foi constatado que a seletividade é a principal causa de queima de elos fusíveis. Realizaram-se estudos a cerca de novos dimensionamentos que, quando implantados, efetivamente reduzirão a queima de elos fusíveis na mencionada empresa.

Palavras-chaves: Elo Fusível. Fornecimento de energia. Ferramentas da Qualidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Modelo de estratificação.....	21
Figura 02 – Modelo de diagrama de pareto.....	22
Figura 03 – Diagrama de causa e efeito	23
Figura 04 – Estrutura do transformador de potência	27
Figura 05 – Ligações em triângulo	27
Figura 06 – Ligações em estrela	28
Figura 07 – Tipos de elo fusível	29
Figura 08 – Elo fusível tipo H	30
Figura 09 – Curva tempo em função da corrente em elos fusíveis tipo K.....	30
Figura 10 – Diagrama de blocos do sistema de fornecimento de energia elétrica da empresa em análise.....	36
Figura 11 – Funcionamento das chaves seccionadoras do sistema elétrico da empresa	37
Figura 12 – Transformação de tensão e correntes elétricas após passar pelo transformador	38
Figura 13 – Parte do diagrama unifilar da empresa em estudo.....	39
Figura 14 – Sistema elétrico do poço de produção de petróleo	40
Figura 15 – Árvore de estratificação das queimas de elo fusível	42
Figura 16 – Diagrama de Ishikawa das causas de queima de elo fusível	45
Figura17 – Modelagem do sistema até 2010	50
Figura 18 – Primeira proposta de remodelagem do sistema.....	52
Figura19 – Proposta de remodelagem do sistema aprovada pela empresa	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Causas primárias de queima de elo fusível.....	43
Gráfico 02 – Queima de elo fusível em função do turno.....	43
Gráfico 03 – Queima em razão de suas causas.....	46
Gráfico 04 – Relação entre queimas do poço SZ 0293 em 2010 e 2011	56
Gráfico05 – Redução de perdas na produção em 2011	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Eras da qualidade	16
Quadro 02 – Abordagens da qualidade	19
Quadro 03 – Causas de queima de elo fusível.....	44
Quadro 04 – Características dos equipamentos em estudo.....	48
Quadro 05 – Proposta de redimensionamento dos equipamentos elétricos.....	51
Quadro 06 – Alterações da proposta de estudo	53
Quadro07 – Relação de ocorrências de queima de elo fusível em razão da seletividade em 2011	55
Quadro08 – Relação de ocorrências de queima de elo fusível do poço SZ 0293 em razão da seletividade no ano de 2010	56

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
LISTA DE QUADROS.....	x
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Caracterização da Empresa.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 História da Qualidade.....	16
2.2 Qualidade	18
2.3 Ferramentas da Qualidade	20
2.3.1 Estratificação.....	21
2.3.2 Diagrama de Pareto.....	22
2.3.3 Diagrama de Ishikawa.....	23
2.4 Sistema Elétrico dos Poços de Petróleo	24
2.4.1 Chave seccionadora.....	24
2.4.2 Disjuntor.....	25
2.4.3 Transformador de potência	26
2.4.4 Relé térmico	28
2.4.5 Elo fusível	29
2.4.6 Corrente elétrica.....	31
2.4.7 Seletividade	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 Método.....	33
3.2 Coleta de Dados	34
3.3 Ambiente de Estudo.....	34
4 ANÁLISE DE RESULTADOS	35
4.1 Processo de Exploração e Produção de Petróleo sob a ótica do seu Sistema Elétrico	35
4.2 Análise das Causas de Queima de Elo Fusível	41
4.2.1 Identificação das causas primárias de queima de elo fusível.....	42
4.2.2 Análise das causas raízes de queima de elo fusível.....	44
4.3 Principal Causa de Queima: Seletividade	47

5 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	59
ANEXOS	61
ANEXO A – Diagrama unifilar da empresa em estudo	62
ANEXO B – Modelagem do sistema até 2010.....	63
ANEXO C – Modelagem atual do sistema	72

1 INTRODUÇÃO

A história da humanidade foi marcada com várias invenções e descobertas, como por exemplo, a eletricidade. A energia elétrica possibilitou grandes avanços tecnológicos que ampliou as perspectivas relacionadas a todos os setores da sociedade.

Nos dois últimos séculos, no entanto, a diversidade de aplicação da energia elétrica foi imensamente ampliada. Indústrias automotivas, computadores, internet, celulares são apenas algumas derivações de seu advento. Setores específicos de atuação foram claramente beneficiados, a exemplo do petrolífero.

Novos sistemas elétricos passaram a interagir com o processo de extração e produção de petróleo, possibilitando maior produtividade e vultosas margens de lucros. Ocorre, entretanto, que tais sistemas, em razão de contínuos problemas de distribuição e fornecimento de energia pelas concessionárias, não são absolutamente estáveis, sendo necessário o desenvolvimento de meios de proteção aos diversos circuitos que os compõem.

O elo fusível é um dos elementos pertencentes ao sistema elétrico que tem por finalidade a proteção de parte dos equipamentos responsáveis pelo funcionamento das máquinas de extração e produção de petróleo. Embora desempenhem sua função, as novas metodologias de gestão existentes no mercado, exigem a melhoria contínua da qualidade de produtos e serviços ofertados pelas empresas em geral, sempre procurando minimizar as perdas do processo produtivo.

Para tanto, a utilização das denominadas ferramentas da qualidade têm trazido evidentes ganhos produtivos. A qualidade é a condição primordial para a continuação de uma empresa no mercado competitivo e é através dela que uma organização conquista a confiança de seus clientes. Entretanto, mais do que isso, a empresa que preserva a qualidade de seu processo produtivo reduz gastos, maximiza ganhos e mantém estável sua produtividade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicabilidade de ferramentas da qualidade na redução de queima de elo fusível em uma empresa de produção e exploração de petróleo.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Estabelecer o sistema de fornecimento de energia elétrica no processo de extração e produção de petróleo da empresa em análise;
- ✓ Analisar as causas de queima de elo fusível em poços de extração e produção de petróleo da empresa em estudo;
- ✓ Analisar a efetividade da solução implementada para a principal causa de queima de elo fusível.

1.2 Justificativa

Para a extração e produção de petróleo, as empresas utilizam sistemas elétricos muito complexos. As constantes quedas de energias, curto-circuito, problemas com pára-raios, entre outros fatores externos podem trazer consequências negativas relacionadas aos sistemas elétricos que preservam motores e outros equipamentos de criticidade para a extração e produção em poços de petróleo, ou seja, são essenciais à continuidade da produção.

Para proteção dos equipamentos existentes no poço, mecanismos foram criados a exemplo de elos fusíveis. Ocorre que a queima constante destes equipamentos demandam custos, que oneram o cofre da mencionada empresa. A detecção das causas e análise das mesmas conduz a soluções adequadas que podem reduzir tais queimas, promovendo a minimização dos gastos e o fortalecimento da qualidade do produto da empresa.

Assim, a justificativa para realização desta pesquisa reside na importante contribuição prática e científica que o estudo da utilização de ferramentas da

qualidade para a identificação de problemas e análise de suas causas pode trazer às empresas em geral. Somado a estes aspectos, tem-se a redução dos custos de manutenção, redução da parada de produção e aumento da produtividade, o que otimiza a qualidade dos serviços ofertados pela empresa exploradora e produtora de petróleo em Sergipe.

1.3 Caracterização da Empresa

A Empresa em análise foi criada em 1953, embora a instalação completa só tenha sido finalizada no ano seguinte, quando o petróleo e seus derivados já representavam 54% do consumo de energia do país. Em 1961 foi fundada a REDUC (Refinaria de Duque de Caxias), com aproximadamente 13 km quadrados e sendo responsável por cerca de 1,2 bilhões de reais por ano em impostos.

Em 1967 foi constituída a Petroquisa, com o objetivo de articular a ação dos setores estatais e privados na implantação deste tipo de indústria no país. Em 1968, foi criado o Cenpes (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento), objetivando atender a demandas tecnológicas.

Em 1978 a empresa em estudo passou a se preocupar mais intensamente com a questão ambiental. Em 1986 esta empresa começou a trabalhar em águas profundas. Em 2001 passou a buscar a excelência em segurança, meio ambiente e qualidade. E em 2009 deu-se início da produção no pré-sal.

Como a empresa em estudo é uma organização integrada com a energia, seu campo de atuação é muito diversificado, possuindo plataformas e refinarias, atuando no refino, comercialização e transporte de óleo e gás natural, entre outros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo abordará os principais conceitos, termos, metodologias e ferramentas relacionadas à qualidade e suas ferramentas, assim como as referentes a sistemas elétricos utilizados em poços de extração e produção de petróleo.

2.1 História da Qualidade

O conceito de qualidade, assim como seu objetivo, foi sendo alterado através dos anos. De acordo com Carvalho e Paladini (2005) existem cinco eras que classificam a evolução da qualidade, como mostra o Quadro 01.

Quadro 01 – Eras da Qualidade

Características básicas	Interesse Principal	Visão da Qualidade	Ênfase	Métodos	Papel dos profissionais da qualidade	Quem é o responsável pela qualidade
INSPEÇÃO	Verificação	Um problema a ser resolvido	Uniformidade do Produto	Instrumentos de medição	Inspeção, classificação, contagem, avaliação e reparo	O dep. De inspeção
CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO	Controle	Um problema a ser resolvido	Uniformidade do produto com menos inspeção	Ferramentas e técnicas estatísticas	Solução de problemas e a aplicação de métodos estatísticas	Os dep. De fabric. e eng.
GARANTIA DA QUALIDADE	Coordenação	Um problema a ser resolvido, mas que é enfrentado proativamente	Toda a cadeia de fabricação, desde o projeto até o mercado	Programas e sistemas	Planejamento, medição da qualidade e desenv. De programas	Todos os departamentos
GESTÃO DA QUALIDADE	Impacto Estratégico	Uma oportunidade de diferenciação da concorrência	As necessidades de mercado e do cliente	Planej. Estratégico, estabelecimento de objetivos e a mobilização da organização	Estabelecimento de metas, educação e treinamento, consultoria a outros departamento e desenvolvimento de programas	Todos na empresa

Fonte: Adaptado de Carvalho e Paladini (2005)

Assim, as eras podem ser divididas em: da inspeção; do controle estatístico do processo; da garantia da qualidade; e da gestão da qualidade.

Segundo Faria (2008, p. 01), na era da inspeção a preocupação era voltada para a unicidade das características e a ausência de defeitos, sendo criados os cargos de inspetores da qualidade.

Desta forma, as inspeções dos produtos eram realizadas por um departamento independente da produção. Sendo realizado através de instrumentos de medição e dando maior ênfase à uniformidade do produto. Neste período, a própria qualidade é vista como um problema a ser resolvido (CARVALHO E PALADINI, 2005).

Faria (2008) ressalta que este método não apresentou os resultados pretendidos, sendo substituído pelas técnicas estatísticas da qualidade, criado por Walter Andrew Shewhart, na década de 20.

Neste contexto, Campos (2004) aborda três fatores causadores dos resultados negativos mencionados anteriormente. O primeiro é que, com o aumento da velocidade de produção, a inspeção manual a 100% se tornou impossível, tornando necessária a automação da mesma. O segundo fator está nas montagens complexas em que a inspeção não pode garantir a qualidade. O último é que a separação do departamento de inspeção do processo de produção atrasava as informações da qualidade e sua análise, entre outros.

Ressalta-se que, com a criação de gráficos de controle fundindo conceitos de estatística à realidade produtiva da empresa, o conceito de controle de qualidade deu um salto qualitativo, fazendo nascer a era do controle estatístico. Na década de 30, passou-se, então, a utilizar técnicas de amostragem e outros procedimentos estatísticos. (CARVALHO e PALADINI, 2005, p. 2-4).

No período da segunda guerra mundial, os métodos empregados para o controle estatístico da qualidade foram amplamente difundidos, entretanto, no pós-guerra, onde novos elementos passaram a agregar a qualidade, dando origem a era da garantia da qualidade.

De acordo com Campos (2004), uma característica importante observada na era da garantia da qualidade é que o deslocamento desta para o processo exige responsabilidade de todos que compõem a empresa, já que por processos deve se estender toda a organização, incluindo os diversos setores que a compõem.

Assim, segundo Carvalho e Paladini (2005), todos os departamentos, com

a alta administração se envolvendo superficialmente no planejamento e na execução, devem realizar o planejamento e medição da qualidade, desenvolvendo programas para enfrentar proativamente quaisquer problemas relacionados à qualidade.

Por fim, o período conhecido como da gestão da qualidade propriamente dito, se inicia na década de 50, sendo largamente visualizado no Japão e nos Estados Unidos e, posteriormente, no resto do mundo. Todos da empresa deviam estabelecer metas, educação e treinamento para o desenvolvimento de programas de planejamento estratégico. Sua principal característica, no entanto, é que a visão de qualidade foi deslocada de um problema a ser resolvido para uma oportunidade de diferencial para conquista da clientela. (CARVALHO e PALADINI, 2005).

Em 1987, com o advento da globalização, surgiu um modelo normativo da *Internacional Organization for Standardization* (ISO) e a série de normas 9000, para sistemas de garantia da qualidade. A série ISO 9000 foi difundida rapidamente, tornando-se requisito indispensável para que muitas empresas se mantivessem no mercado competitivo.

Assim, é possível perceber que a qualidade passou a ser observada como um componente essencial para a sobrevivência da organização no mercado competitivo. Para tanto, ela deve ser avaliada constantemente em todo o processo produtivo, promovendo a melhoria contínua do mesmo.

2.2 Qualidade

São muitos os conceitos de qualidade. Segundo Carvalho e Paladini (2005, p. 08), serão utilizados conforme a abordagem adotada, a qual pode ser transcendental, ou, a baseada no produto, no usuário, na produção e no valor, como mostra o Quadro 02.

Quadro 02 – Abordagens da Qualidade

Abordagem	Definição
Transcendental	Qualidade é sinônimo de excelência inata. É absoluta e universalmente reconhecível. Dificuldade: pouca orientação prática
Baseada no produto	Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda dos atributos do produto. Corotários: melhor qualidade só com maior custo. Dificuldade: nem sempre existe uma correspondência nítida entre os atributos do produto e a qualidade.
Baseada no usuário	Qualidade é uma variável subjetiva. Produtos de melhor qualidade atendem melhor aos desejos do consumidor. Dificuldade: agregar preferências e distinguir atributos que maximizam a satisfação.
Baseada na produção	Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda do grau de conformidade do planejado com o executado. Esta abordagem dá ênfase a ferramentas estatísticas (controle do processo). Ponto fraco: foco na eficiência, não na eficácia.
Baseada no valor	Abordagem de difícil aplicação, pois mistura dois conceitos distintos: excelência e valor, destacando os trade-off qualidade X preço. Esta abordagem dá ênfase à engenharia/Análise de valor EAV.

Fonte: Carvalho e Paladini (2005)

Em que pese estas inúmeras abordagens, o conceito mais completo parece ser o dado por Cortada (2009, p. 02), segundo o qual a qualidade é:

A somatória de características que alguma entidade (organização, produto, serviço, pessoa, conhecimento etc.) possui, para satisfazer as expectativas explícitas ou implícitas das partes interessadas (clientes internos, externos, usuários finais, sociedade etc.) e a intensidade com que tais expectativas são atendidas resultará no seu grau de excelência.

É importante ressaltar que, todos os conceitos apresentados anteriormente, embora adotem abordagens diferentes, refletem dois pontos em comum: produtos ou serviços e atendimento às expectativas do cliente. Assim, em todos os conceitos houve referência ao fato de que o produto ou serviço deve atender às necessidades da clientela.

Estes fatores ficam ainda mais evidentes diante do conceito dado por Campos (2004, p. 02) no qual o produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades dos clientes.

Diante disto, a garantia da qualidade passou a ser o enfoque das empresas, observaram a necessidade da melhoria constante de sua gestão. Corroborando essa idéia, Campos (2004, p. 119) afirma que a qualidade é garantida pela condução do planejamento da qualidade a ser colocada no mercado e pelo controle da qualidade conduzido por todas as pessoas da empresa.

Assim, para que haja garantia da qualidade, com avaliação constante da qualidade de produtos e serviços e melhoria contínua dos processos produtivos, são utilizadas metodologias de gestão associadas a ferramentas da qualidade.

2.3 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade vêm sendo utilizadas pelas empresas com a finalidade de se alcançar a melhoria contínua de seus processos produtivos, sendo considerados, em alguns casos, recursos para a solução de problemas nos mesmos.

Segundo Paladini (1997, p 66), as ferramentas da qualidade são um conjunto de dispositivos e procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação da Qualidade Total.

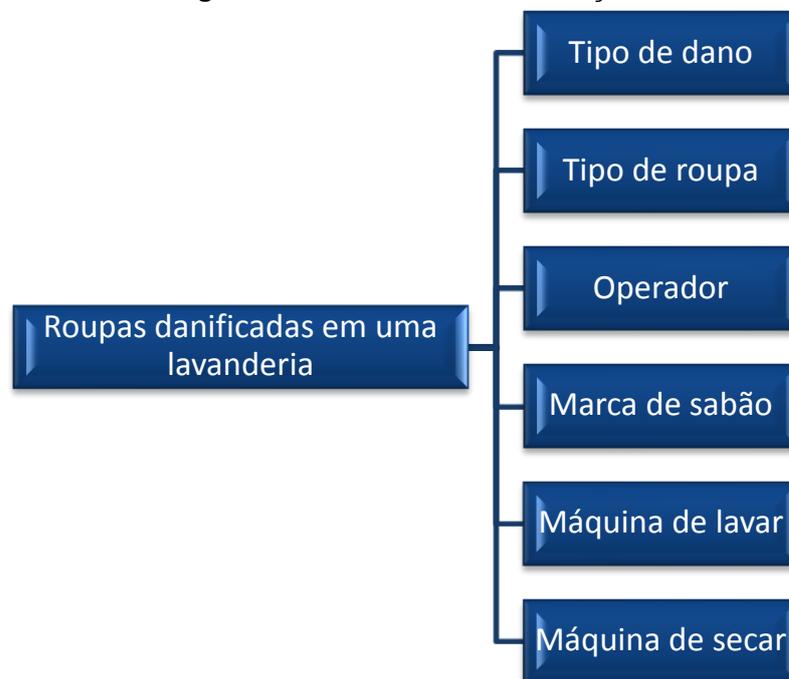
Elas são, portanto, apropriadas para o tratamento de dados não numéricos auxiliares no planejamento de projetos e processos decisórios (WERKEMA, 1995). São sete as ferramentas da qualidade: folha de verificação, diagrama de correlação, histograma, carta de controle e gráficos, a Estratificação, o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa (CAMPOS, 2004).

Entretanto, a esta pesquisa interessa o estudo mais aprofundado da estratificação, o diagrama de Pareto e o diagrama de Ishikawa ou de Causa e Efeito.

2.3.1 Estratificação

A estratificação, como mostra a Figura 01, é um conjunto de informações, divididas conforme características ou categorias expostas com a finalidade de identificar as causas de um determinado problema (WERKEMA, 1995).

Figura 01 – Modelo de Estratificação



Fonte: Adaptado de Werkema (1995)

Assim, Campos (2004, p. 201) afirma que estratificar é dividir um problema em estratos ou camadas de problemas de origens diferentes. Com efeito, se trata de uma forma de buscar a origem do problema, devendo ser conduzida por um grupo de operadores que possam colaborar na sua análise.

Desta forma, fica evidente que esta ferramenta é utilizada como um processo classificatório de dados que auxiliam na busca das soluções mais adequadas.

2.3.2 Diagrama de Pareto

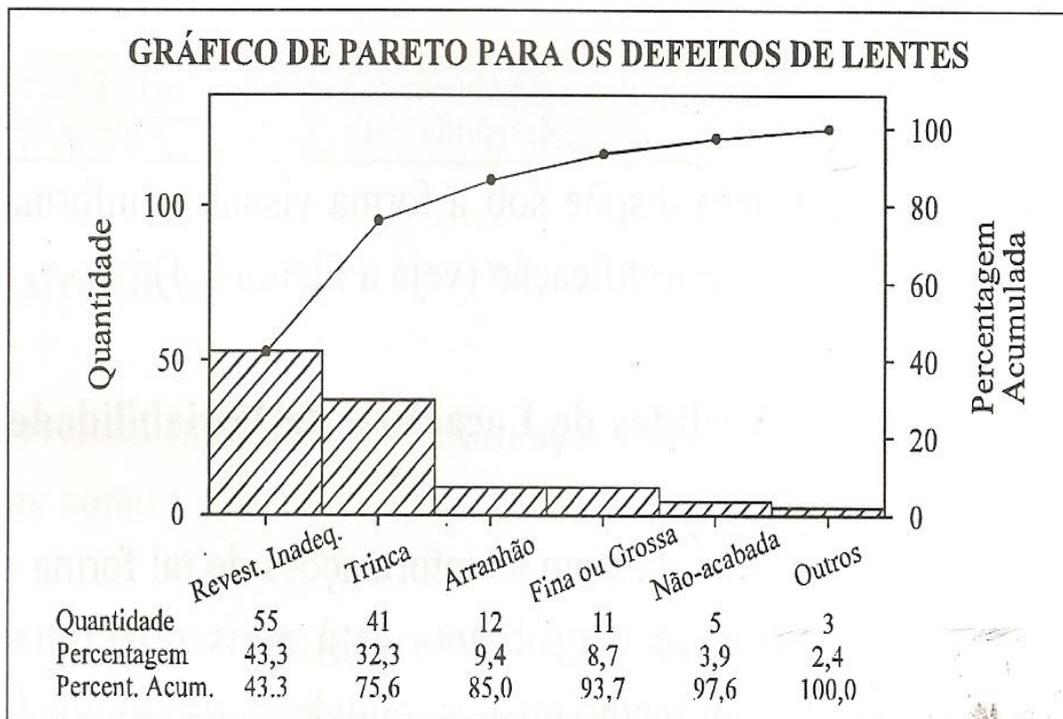
De acordo com Paladini (1997, p. 67), os Diagramas de Pareto são gráficos utilizados para classificar causas que atuam em um dado processo. Assim, as informações ficam visualmente evidentes, auxiliando na priorização de problemas.

Este gráfico tem como objetivo representar os resultados da estratificação, permitindo-se, através de análise, priorizar os problemas (CAMPOS, 2004).

O diagrama de Pareto também é conhecido como regra do 80/20, onde se verifica que 80% dos problemas são causados por 20% das causas. Assim, o que se observa é que a maior parte dos problemas pode ser resolvido se 20 % das causas forem adequadamente atacadas (GODÓI, 2010).

Como mostra a Figura 02, o diagrama de Pareto é um gráfico com barras verticais que expõe as informações dispostas em ordem decrescente de incidência, tornando evidente o que deve ser priorizado e permitindo o estabelecimento de metas numéricas a serem alcançadas pela empresa (WERKEMA, 1995).

Figura 02 – Modelo de Diagrama de Pareto



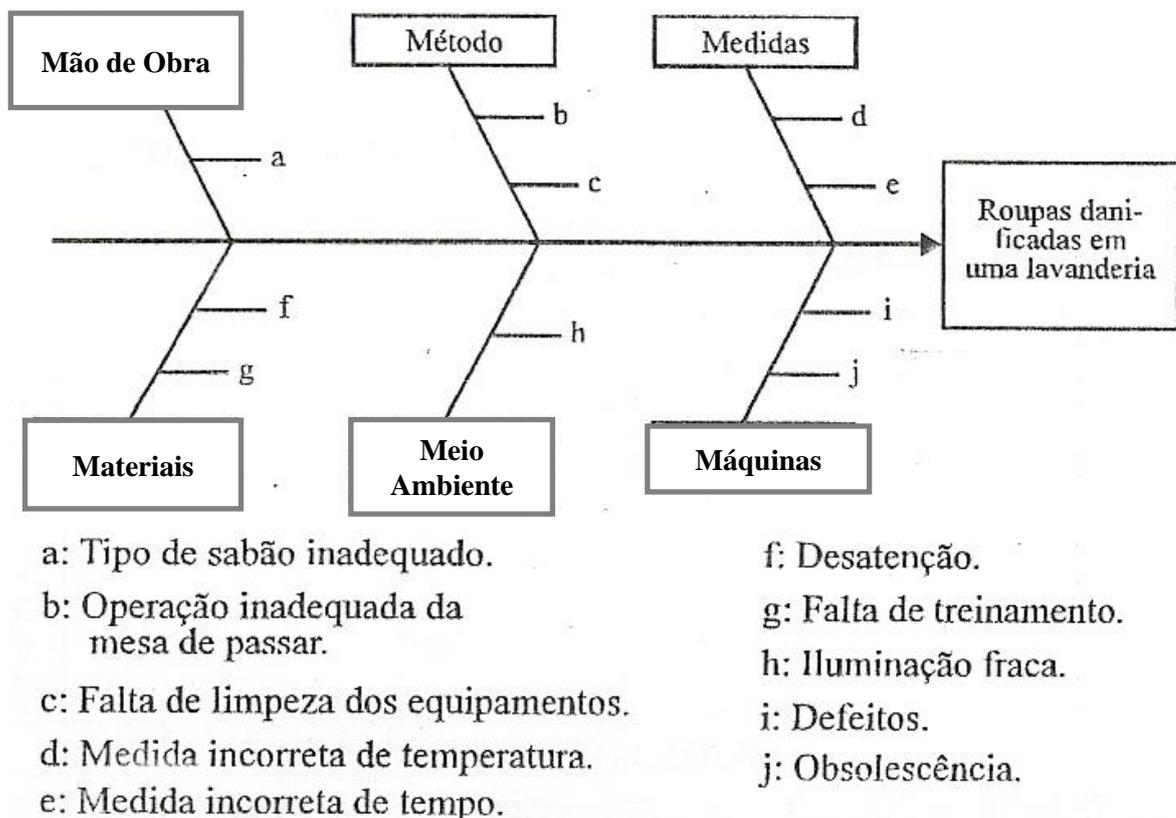
Fonte: Werkema (1995)

2.3.3 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também chamado de Diagrama de Causa e efeito, é utilizado para apresentar a relação que existe entre um resultado do processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que de algum modo possam afeta-lo em si (WERKEMA, 1995).

O diagrama de Ishikawa tem a forma de uma espinha de peixe. De acordo com Campos (2004), o sistema de classificação das causas mais comum é o 6M, que podem ser nomeados como: matéria-prima, máquinas, medida, meio ambiente, mão-de-obra e método. Desta forma, o problema fica concentrado na cabeça do peixe e nas espinhas, as causas, mostrando os fatores que podem trazer problemas para empresa, como pode ser visualizado na Figura 03.

Figura 03 – Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Werkema (1995)

É importante ressaltar que para a elaboração de um diagrama de Ishikawa é necessário o estudo aprofundado das causas. Este aspecto pode ser

otimizado se realizado por um grupo de pessoas inteiradas com o processo da empresa.

Vale mencionar que o estudo das ferramentas da qualidade auxilia na melhoria da qualidade dos processos produtivos.

2.4 Sistema Elétrico de Poços de Petróleo

O sistema elétrico é formado por diversos componentes que interagem de forma a fornecer energia elétrica às unidades consumidoras, sendo formados em geral, por chaves seccionadoras, disjuntores, transformadores de força, relés térmicos e elos fusíveis. Além disso, para o entendimento a cerca do sistema elétrico, devem ser observados, ainda, conceitos como: corrente elétrica e seletividade.

2.4.1 Chave seccionadora

As chaves seccionadoras são componentes elementares para o bom desempenho de um sistema elétrico. Isto porque, elas proporcionam a possibilidade de abrir ou fechar o mesmo, protegendo-o e facilitando a manutenção de equipamentos de forma seccionada.

Segundo Silveira Junior et all (2008, p. 01), a chave seccionadora é

Chave capaz de suportar as operações de abertura e fechamento até o valor de sua corrente de interrupção nominal, além de suportar e estabelecer correntes de curto-circuito, tal que a força e a velocidade de operação sejam independentes da ação do operador.

Segundo Mamede Filho (2009), a chave seccionadora é utilizada em subestações para permitir manobras de circuitos elétricos, sem carga, isolando disjuntores, transformadores, entre outros equipamentos. Ela é capaz de conduzir correntes elétricas em condições normais e anormais, sendo que neste último caso, somente por um determinado período.

Assim, fica evidente a importância desta chave para o sistema elétrico, funcionando, inclusive, como protetor do restante do sistema, quando fechada a tempo, no caso de sobrecarga e ou curto-circuito.

2.4.2 Disjuntor

Os disjuntores têm a mesma função dos elos fusíveis. Segundo Netto (2011), os disjuntores consistem em uma chave que vai desligar automaticamente quando houver elevação da corrente elétrica em relação ao que foi projetada. Essa elevação de corrente pode ser verificada em dois níveis: curto-circuito e sobrecorrente.

De acordo com Figueiredo et al (2002, p. 06), curto-circuito é a ligação intencional ou acidental entre dois pontos de um sistema ou equipamento elétrico, ou de um componente, através de uma impedância desprezível.

Segundo Mamede Filho (2010), no caso de curto-circuito, a elevação de corrente, neste caso, é de valores de grande intensidade. Observa-se, entretanto, que a duração é limitada a frações de segundo. Quanto à sobrecarga ou sobrecorrente, a elevação de corrente é menos intensa e tem atuações com menor duração.

De acordo com Mamede Filho (2009, p. 264), as sobrecargas são caracterizadas como:

Elevação moderada da corrente, acima dos valores admitidos pelo projeto (...) ao contrário do curto circuito, as sobrecargas não constituem uma falha da instalação, mas sim o resultado de um procedimento muitas vezes incorreto de sua operação.

No caso de sobrecarga ou curto-circuito, os disjuntores têm a função de proteger os equipamentos elétricos contra ambos. Mamede Filho (2009, p. 403), conceitua disjuntores como equipamentos destinados à interrupção e ao restabelecimento da corrente elétrica num determinado ponto do circuito. Ressalta-se que eles podem também ser solicitados para interromper correntes de circuitos que operam em plena carga e em vazio, energizando os mesmos circuitos quando em condições de operação normal.

É importante frisar que a ocorrência de sobrecarga pode ser aumentada nos horários compreendidos entre 18:00 horas e 21:00 horas, em razão do aumento da demanda de energia, sendo este horário nomeado de “picos de energia”. Eles ocorrem porque há um maior volume de equipamentos elétricos em uso, pelas mais diversas razões, tanto nos parques industriais quanto por outras unidades consumidoras de energia.

Ressalta-se que a maior vantagem é que ele desarma automaticamente no caso de excesso de corrente elétrica, interrompendo a corrente e simplesmente rearmando-o com a normalização da mesma, enquanto os elos fusíveis queimam.

2.5.3 Transformador de força

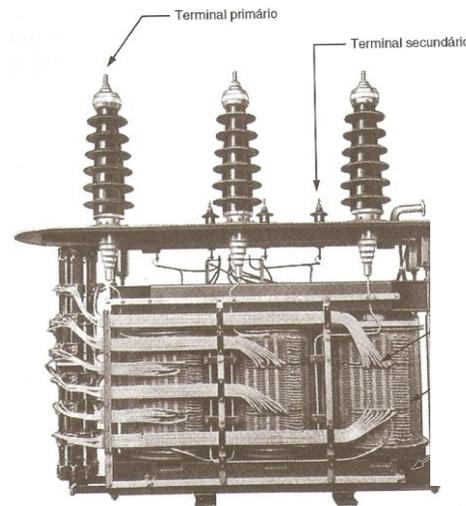
Em um sistema elétrico, os transformadores são utilizados desde as usinas de produção até as unidades consumidoras.

De acordo com Mamede Filho (2009), o transformador é um equipamento de operação estática que transfere energia de um circuito, chamado primário, para um ou mais circuitos (secundários, terciários, etc.), por meio de indução eletromagnética, sendo mantida, entretanto, a mesma frequência. No entanto, durante este processo as tensões e as correntes são diferentes.

Assim, por convenção, diz-se enrolamento primário a entrada do transformador e enrolamento secundário, a saída do mesmo, observando-se, no entanto, que a energia flui, em muitas aplicações, nos dois sentidos, o que pode tornar tais conceitos bem confusos (FITZGERALD ET AL, 2006).

A fim de se estabelecer com clareza a diferença entre ambos os enrolamentos, Mamede Filho (2009, p. 448) simplesmente define que enrolamento primário é o que recebe a energia do sistema supridor, e o secundário o que transfere esta energia para o sistema de distribuição. Estes dois enrolamentos podem ser visualizados na Figura 04.

Figura 04 – Estrutura do transformador de força

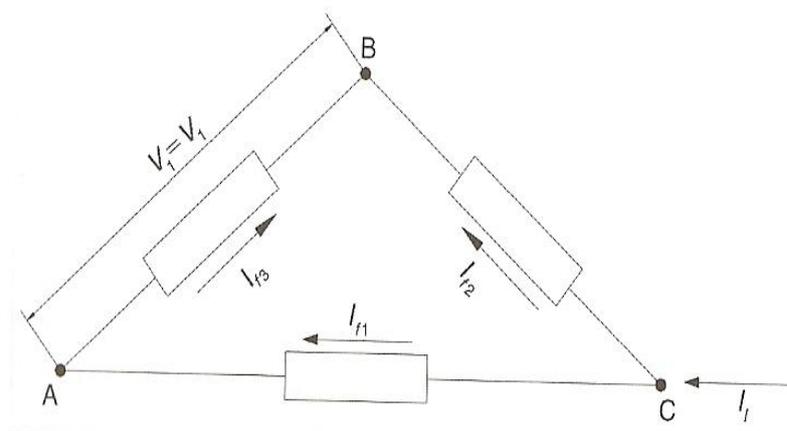


Fonte: Mamede Filho (2009)

Ressalta-se que as conexões realizadas nos enrolamentos primários são realizadas por ligações em triângulo e as dos secundários, por ligações em estrelas.

De acordo com Mamede Filho (2009, p. 461), as ligações em triângulo são aquelas em que os terminais das bobinas são ligados entre si (um fim de uma bobina ao início da outra), permitindo a alimentação em cada ponto de ligação. Estas ligações podem ser visualizadas na Figura 05.

Figura 05 – Ligações em triângulo

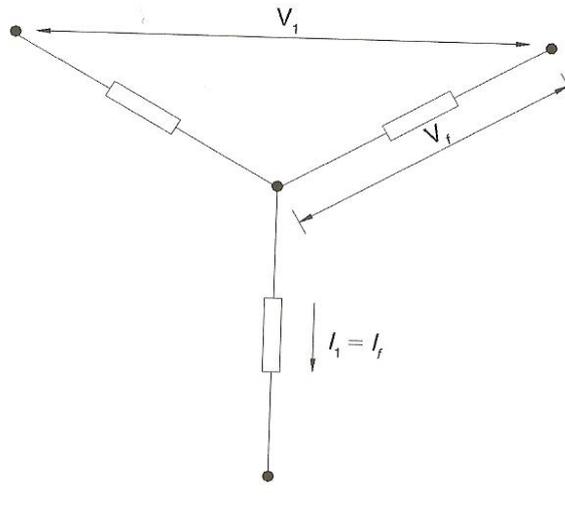


Fonte: Mamede Filho (2009)

As ligações em estrela, segundo Mamede Filho (2009, p. 463), são aquelas em que os terminais das bobinas são ligados a um ponto comum, podendo resultar esta ligação em três ou quatro fios. Estas ligações podem ser visualizadas

na Figura 06.

Figura 06 – Ligações em estrela



Fonte: Mamede Filho (2009)

Ressalta-se que para o funcionamento do transformador é essencial que haja um fluxo comum de corrente elétrica, sempre variável no tempo, que envolva os dois enrolamentos.

2.4.4 Relé térmico

Os relés são dispositivos de proteção de sistemas de alta e baixa tensão, que representam uma gama numerosa de equipamentos com estruturas e operações diferenciadas, bem como aplicações diversas (MAMEDE FILHO, 2009).

Os relés térmicos são dotados de lâminas de metais com coeficientes de dilatação térmica que provocam a operação do contato móvel, quando a corrente elétrica os atravessa, dilatando-as (MAMEDE FILHO, 2010).

De acordo com Mamede Filho (2009), estes relés têm a finalidade de proteger grandes máquinas, como os transformadores de força, motores de indução e geradores.

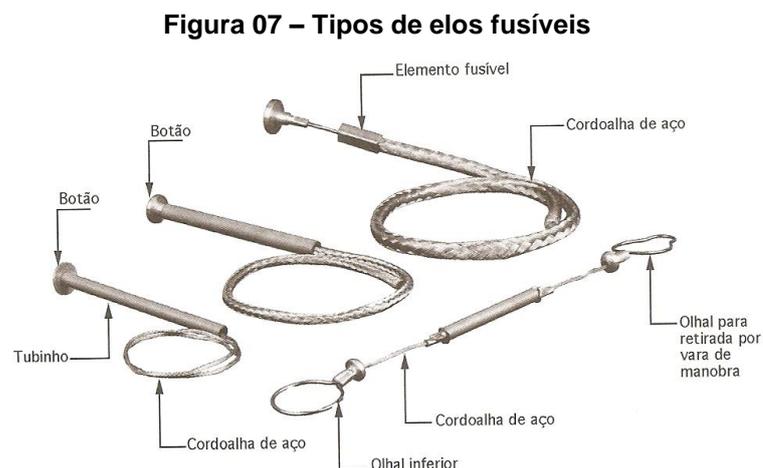
2.4.5 Elo fusível

Para o perfeito funcionamento de um sistema elétrico, é importante a existência de elementos que realizem a proteção dos principais equipamentos. O elo fusível está inserido neste grupo, realizando a proteção dos transformadores, quadros de comandos, etc.

Segundo Mamede Filho (2009), o elo fusível é um elemento metálico composto de parte sensível a correntes elétricas elevadas, devendo ser construído com elementos que não altere física e quimicamente a passagem desta corrente, resistindo, inclusive ao tempo de uso.

O elo fusível deve ser de prata, liga de estanho, cobre ou outro material. O tubo protetor do elo deve ter revestimento interno de fibra galvanizada para que sejam extintos o arco voltaico (SILVA, 2006).

É importante mencionar dois tipos de elos fusíveis: de botão ou de argola, como mostra a Figura 07. O primeiro é aquele que, na extremidade superior tem botão preso na parte superior, correspondendo a elos de corrente entre 1 a 50A. O segundo é o que possui, nas extremidades, duas argolas, sendo utilizados para proteção de unidades transformadoras menores (MAMEDE FILHO, 2009).



Fonte: Mamede Filho (2009)

Vale mencionar que os elos fusíveis são dimensionados em razão das suas curvas de atuação, levando-se em consideração o tempo em função da corrente. Em razão disso, eles podem ser classificados como: Tipo H, Tipo K e Tipo T.

O elo fusível tipo H, visualizado na Figura 08, é utilizado para proteção primária do transformador, podendo suportar correntes de até 5A, por isso mesmo, são considerados de alto surto, vez que apresentam um tempo lento de atuação para altas correntes (MAMEDE FILHO, 2009).

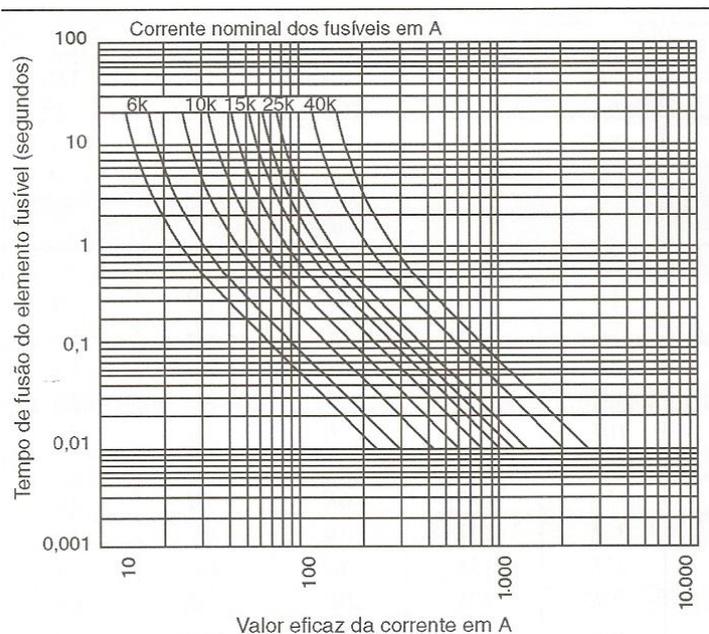
Figura 08 – Elo fusível tipo H



Fonte: indelbauru.neobiz.com.br

De acordo com Mamede Filho (2009), o elo fusível tipo K é muito utilizado para proteção de rede áreas de distribuição rural e urbana, sendo considerados de atuação rápida, como mostra a Figura 09. Ele é o mais adequado para proteção de transformadores.

Figura 09 – Curva tempo em função da corrente em elos fusíveis tipo K



Fonte: Mamede Filho (2009)

Os elos fusíveis tipo T, têm atuação lenta e sua principal aplicação é a proteção de ramais primários de redes aéreas de distribuição.

2.4.6 Corrente elétrica

O estudo do conceito de corrente elétrica, invariavelmente envolve o conceito de energia.

Energia Elétrica pode ser definida como a capacidade de [trabalho](#) de uma [corrente elétrica](#). Como toda Energia, a energia elétrica é a propriedade de um sistema elétrico que permite a realização de trabalho (ALBADO, 2001).

Com efeito, segundo Figueiredo et all (2002, p. 06), corrente elétrica é o movimento ordenado dos elétrons livres nos fios, e sua unidade de medida é o Amper (A). De acordo com Guerrine (2001), a corrente elétrica pode ser contínua ou alternada. A primeira é a corrente constante com o tempo e a segunda é a que varia, geralmente de forma senoidal, repetindo 60 ciclos/s ou 60 Hz.

De acordo com Fitzgerald et al (2006), as correntes podem determinar o tipo de equipamento sobre a qual vai agir. Assim, as máquinas de corrente alternada (CA) podem ser classificadas em: síncronas e de indução. Nas primeiras, as correntes do enrolamento são fornecidas por contatos rotativos que estão localizados na parte estacionária do motor, e, na segunda, há uma combinação de variação da corrente induzida nos enrolamentos.

No que se refere às correntes contínuas (CC), seu efeito nas máquinas de CC é a distribuição de fluxo magnético estacionário. Assim, gera-se uma tensão contínua que move o funcionamento da mesma (FITZGERALD ET AL, 2006).

Segundo Figueiredo et all (2002, p. 06), curto-circuito é a ligação intencional ou acidental entre dois pontos de um sistema ou equipamento elétrico, ou de um componente, através de uma impedância desprezível.

2.4.7 Seletividade

De acordo com Mamede Filho (2010), a seletividade ou dimensionamento é o estudo da compatibilidade da configuração dos diversos

equipamentos elétricos que compõe um sistema elétrico, observando-se suas características específicas de funcionamento ou atuação, a fim de se otimizar a atuação dos seus dispositivos e proteção de forma coordenada (sequencial).

Segundo a empresa em estudo (2011), a seletividade normalmente é realizada em três casos:

I - Para o caso de sobrecarga no cabo elétrico que sai do relé térmico (conexões e relé localizado dentro do quadro elétrico) para o motor elétrico, ou no próprio motor deve atuar o relé térmico;

II - para o caso de curto-circuito no cabo elétrico que sai do relé térmico (conexões e relé dentro do quadro elétrico) para o motor elétrico, ou no próprio motor deve atuar o disjuntor (localizado dentro do quadro elétrico);

III - e para o caso de sobrecarga ou curto-circuito no cabo elétrico que sai da chave fusível para o transformador, neste e no cabo elétrico que sai do transformador para o quadro elétrico deve atuar o elo fusível.

Diante das considerações feitas ao longo deste capítulo, é possível observar que os sistemas elétricos são repletos de aspectos que devem ser devidamente analisados. As ferramentas da qualidade podem auxiliar na adequada identificação e análise de causas de problemas relacionados aos equipamentos elétricos formadores destes sistemas.

No que se refere ao caso em análise, o estudo a cerca do elo fusível pode, através de ferramentas da qualidade, representar um salto qualitativo para a produção de petróleo em Sergipe, vez que a solução deste problema pode resultar na otimização da produção do mesmo.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será mostrado a metodologia que delineou o desenvolvimento do presente estudo.

3.1 Caracterização da Pesquisa

Segundo Batista (2010, p. 10), a metodologia pode ser classificada quanto aos objetivos ou tipo de pesquisa. Esta pode ser: descritiva, explicativas e explanatórias. Quanto aos meios ela pode ser: bibliográfica, documental, de campo, de laboratório e estudo de caso e quanto à abordagem pode ser: quantitativa e qualitativa.

Portanto esta pesquisa é quanto aos objetivos: descritiva- explicativa. Descritiva, pois descreve as características inerentes ao fornecimento de energia elétrica da empresa em análise e estabelece a relação entre o sistema de energia da mesma e o fenômeno da alta incidência de queima de elo fusível. É explicativa porque identifica as causas primárias e suas causas raízes responsáveis pela incidência de queima de elo fusível na empresa em estudo, observando-se, ainda, a redução da queima após implantação da solução encontrada para bloqueio da principal causa encontrada.

Quanto aos meios ela é documental, porque é pautada em dados extraídos de documentos e do sistema da empresa sob análise. Ela é bibliográfica, porque o estudo é fundamentado em artigos, livros e outras publicações relacionadas com o tema. Ela contém estudo de caso, pois, analisa um fato específico que é a incidência de queima do elo fusível do sistema elétrico da empresa em estudo.

Quanto à abordagem a pesquisa é: qualitativa e quantitativa, porque realiza levantamento de dados numéricos relativos à queima de elo fusível, interpretando-os e compreendendo-os através de estudos teóricos relacionados.

3.2 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada através dos registros de queima de elos fusíveis contidos no sistema de gestão de manutenção da empresa em análise, e da empresa terceirizada que realiza tais manutenções. O período de dados registrados compreende Agosto/2010 a outubro/2011.

3.3 Ambiente de Estudo

O presente estudo foi realizado no campo petrolífero da empresa responsável pela exploração e produção de petróleo no Estado de Sergipe, analisando o sistema elétrico que atende aos poços de petróleo e seu sistema de gestão de manutenção, a fim de identificar as causas da alta incidência de queima de elo fusível.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

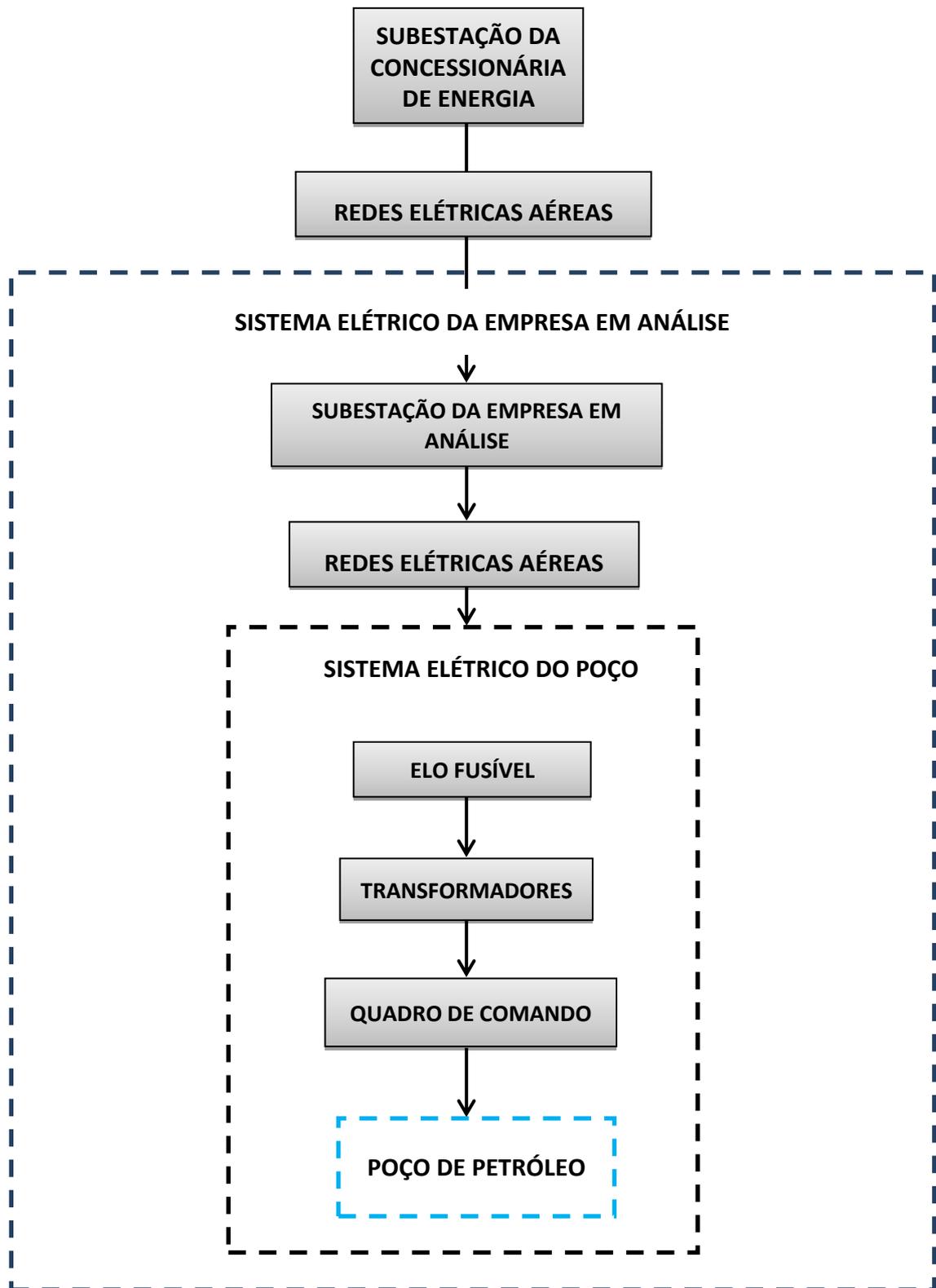
Em 2010 a empresa exploradora e produtora de petróleo em análise identificou altos índices de queima de elo fusível no sistema elétrico de seus poços de petróleo, o que reduzia a produtividade e, conseqüentemente, os ganhos da mesma, em razão das frequentes paradas dos equipamentos dos poços de produção de petróleo. A empresa sob análise, então, alertou a empresa terceirizada de manutenção do seu sistema elétrico para a realização de estudos que explicassem tal fenômeno, indicando a solução possível para seu bloqueio.

4.1 Processo de Exploração e Produção de Petróleo sob a Ótica do seu Sistema Elétrico

O sistema elétrico que compõe todo o processo de exploração e produção de petróleo desde a etapa de fornecimento de energia elétrica até o funcionamento dos equipamentos de controle, proteção e acionamento das máquinas de produção de petróleo, cujo diagrama unifilar se encontra anexo, é de grande extensão, podendo ser rapidamente visualizado no diagrama de blocos, representado pela Figura 10.

Desta forma, a energia elétrica da subestação de energia da concessionária de energia elétrica do estado de Sergipe, é transmitida para a subestação de energia da empresa em análise, através de redes elétricas aéreas, para então ser distribuída para as instalações elétricas localizadas em seu campo de exploração e produção de petróleo. Chegando aos poços de produção de petróleo localizados em seu campo petrolífero, a corrente elétrica circula pelos equipamentos elétricos constituintes do sistema elétrico dos mesmos (elo fusível, transformador, disjuntores, relés térmicos, instrumentos, entre outros) desempenhando assim as funções de operação, monitoramento, controle e proteção do poço. Adiante, cada uma destas etapas será explicada mais detalhadamente.

Figura 10 – Diagrama de blocos do sistema de fornecimento de energia elétrica da empresa em análise



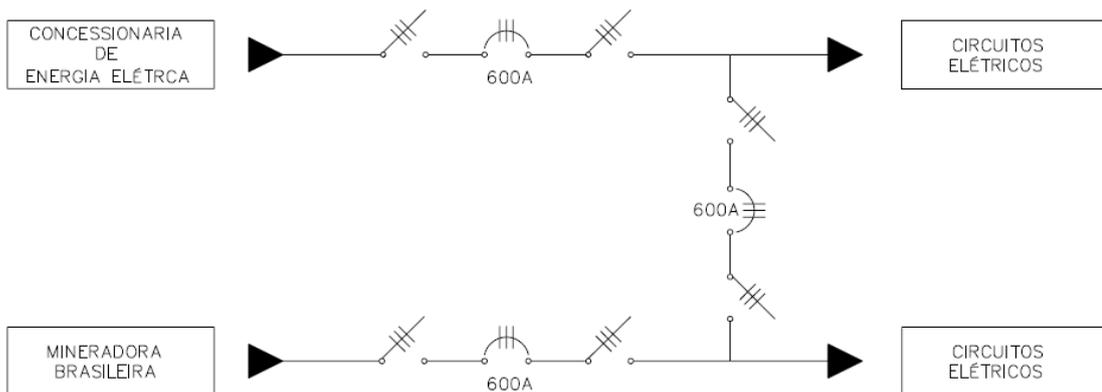
Fonte: Autor da pesquisa

Como pode ser visualizada na Figura 10, a subestação principal da

empresa em estudo recebe energia elétrica alternada com nível de tensão da ordem de 69.000 V a partir de duas linhas de transmissão trifásicas, sendo a principal disponibilizada diretamente pela concessionária de energia elétrica do Estado de Sergipe e a outra por uma Mineradora brasileira, a qual é utilizada como linha de transmissão auxiliar.

Para melhor entendimento a cerca do sistema elétrico em questão, deve-se ter em mente a finalidade de seccionar os principais equipamentos do mesmo, conforme seu surgimento nesta cadeia elétrica. Assim, a energia elétrica recebida pela concessionária é direcionada para transformadores elétricos de potência através da operação de chaves seccionadoras () e disjuntores (), como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Funcionamento das chaves seccionadoras do sistema elétrico da empresa

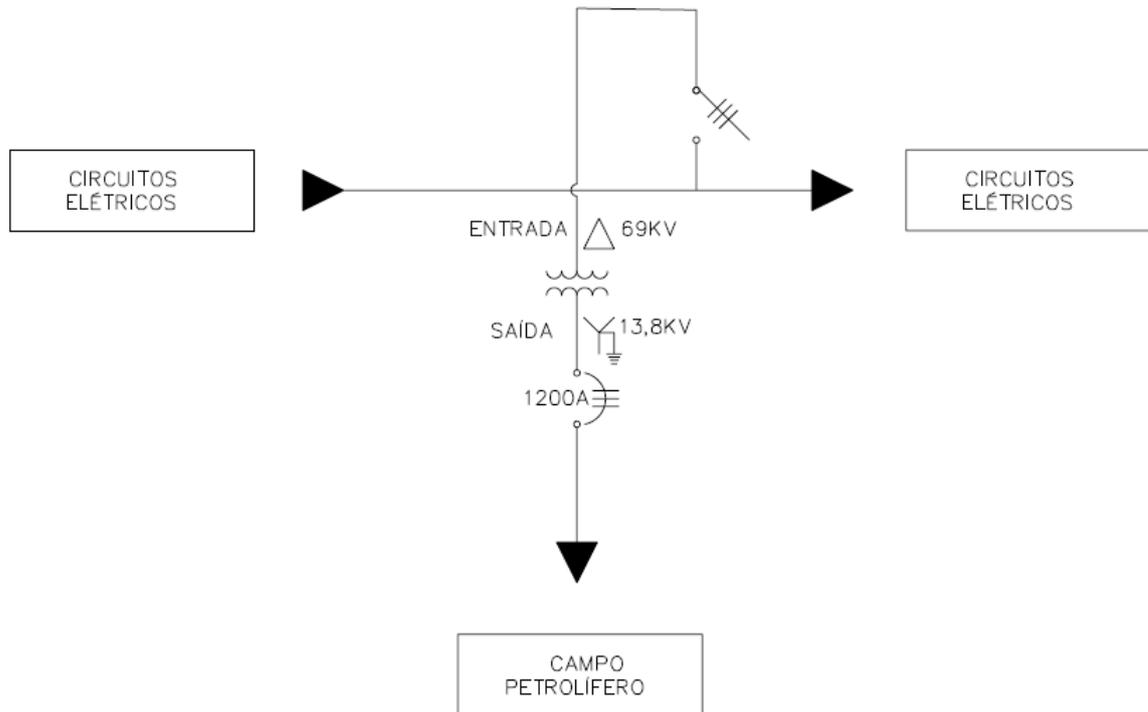


Fonte: Autor

Essas chaves seccionadoras têm por finalidade seccionar e dar continuidade a circuitos elétricos, permitindo a operação de equipamentos e liberação dos mesmos para manutenção, bem como dos disjuntores () que possuem também, além desta função, a de proteger equipamentos elétricos contra curtos-circuitos ou sobrecargas de energia. Observe-se que nesta etapa do sistema, a corrente elétrica passa pelas chaves seccionadoras e por disjuntores com capacidade de condução de corrente elétrica da ordem de 600 A.

Após a energização dos transformadores de potência () equipamentos destinados a transmitir energia elétrica ou potência elétrica de um circuito para outro, transformando tensões e correntes elétricas, o nível de tensão da rede elétrica é rebaixado de 69.000 V para 13.800 V, como mostra a Figura 12

Figura 12 – Transformação de tensão e correntes elétricas após passar pelo transformador



Fonte: Autor

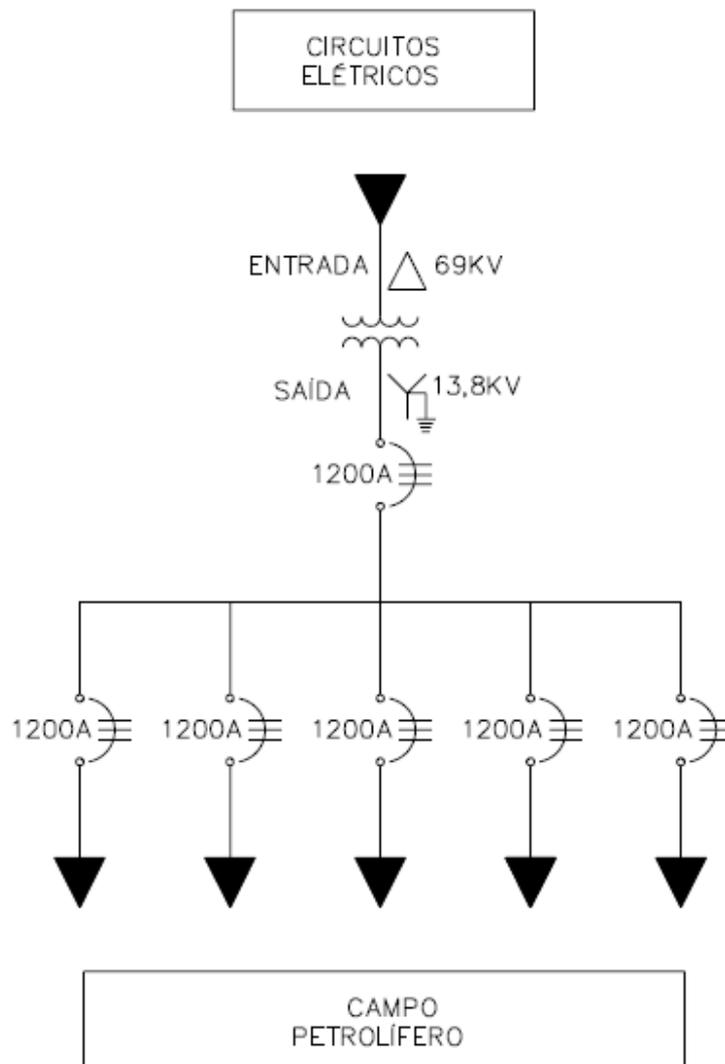
Pode se observar, ainda, que a capacidade de condução de corrente elétrica do disjuntor localizado na saída do transformador de potência passa a ser de 1200A, isto por motivo da transformação da tensão e da corrente elétrica realizada pelo transformador. Outro aspecto que pode ser visualizado neste sistema elétrico é referente ao tipo de ligação interna dos transformadores, tendo os mesmos, a interligação do enrolamento de suas bobinas de entrada em configuração tipo delta representada pelo símbolo “ Δ ”, e a interligação do enrolamento de suas bobinas de saída em configuração tipo estrela aterrada representada pelo símbolo “Y”, fechamentos internos realizados em função do nível de tensão desejado.

Depois das mencionadas transformações, a energia é distribuída para o campo petrolífero, através de redes elétricas aéreas com nível de tensão da ordem de 13.800V.

As redes elétricas aéreas mencionadas anteriormente são comandadas e protegidas por disjuntores localizados nos painéis de saída de energia elétrica da subestação, e por chaves fusíveis dotadas de elos fusíveis. Estas chaves fusíveis são distribuídas entre toda a rede elétrica, que possuem além da finalidade de seccionar e dar continuidade a circuitos elétricos, o intuito de proteger cabos elétricos, transformadores, entre outros equipamentos pertencentes ao sistema

elétrico dos poços de produção de petróleo e as demais instalações. Esse sistema pode ser visualizado na Figura 13.

Figura 13 – Parte do diagrama unifilar do sistema elétrico da empresa em análise



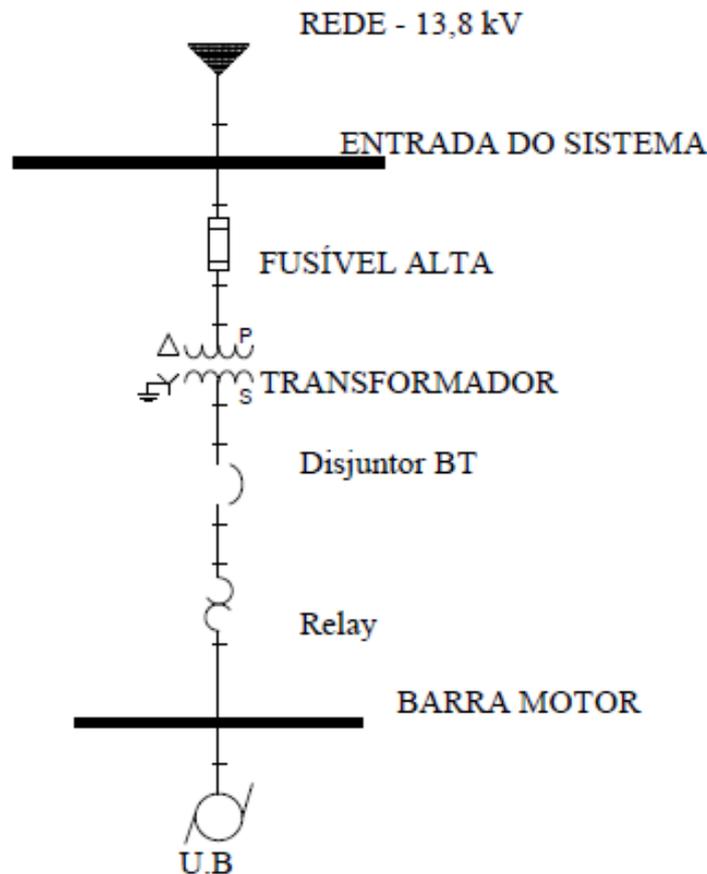
Fonte: Autor

Com efeito, quando a rede elétrica chega à entrada das instalações dos poços já com nível de tensão da ordem de 13800V, a corrente elétrica passa pelo fusível de alta ou elo fusível (), como mostra a Figura 14.

Este elo fusível tem a função de proteger os transformadores responsáveis pela alimentação das caixas de comando dos motores dos poços, bem como os cabos elétricos responsáveis pela interligação do referido quadro de comando com a rede elétrica e com a caixa de comando, contra curto-circuito e sobrecarga. Embora o elo fusível desempenhe o mesmo papel do disjuntor, que, no primeiro, caso haja um curto-circuito ou uma sobrecarga, vai haver a atuação e

queima do mesmo e a consequente necessidade de sua substituição, seu princípio de funcionamento apresenta diferenças. Por exemplo, no caso da atuação do elo fusível (queima) realiza-se a sua substituição e re-conexão do mesmo a rede elétrica a fim de dar continuidade à operação do sistema elétrico, e no caso da atuação do disjuntor (desarme), a energia do sistema elétrico é re-estabelecida após o simples rearme do mesmo.

Figura 14 – Sistema elétrico do poço de produção de petróleo.



Fonte: Empresa em estudo (2011)

Quando a corrente elétrica passa pelo enrolamento de entrada do transformador (primário) de energia do poço, o nível de tensão é rebaixado de 13800V para 440V, para então alimentar a caixa de comando do poço em questão, sendo ele responsável pelo acionamento, proteção e controle do motor elétrico, e instrumentos de sua Unidade de Bombeio (UB) de petróleo. Estas caixas de comando contêm um conjunto de chaves, botões, acionamentos, assim como disjuntores, relés térmicos e outros para proteção dos motores.

Desta forma, pode-se verificar a importância do elo fusível no contexto do sistema elétrico descrito anteriormente, sendo ele responsável pela proteção dos

equipamentos dos poços de extração e produção de petróleo, principalmente contra curto-circuito e sobrecarga do sistema.

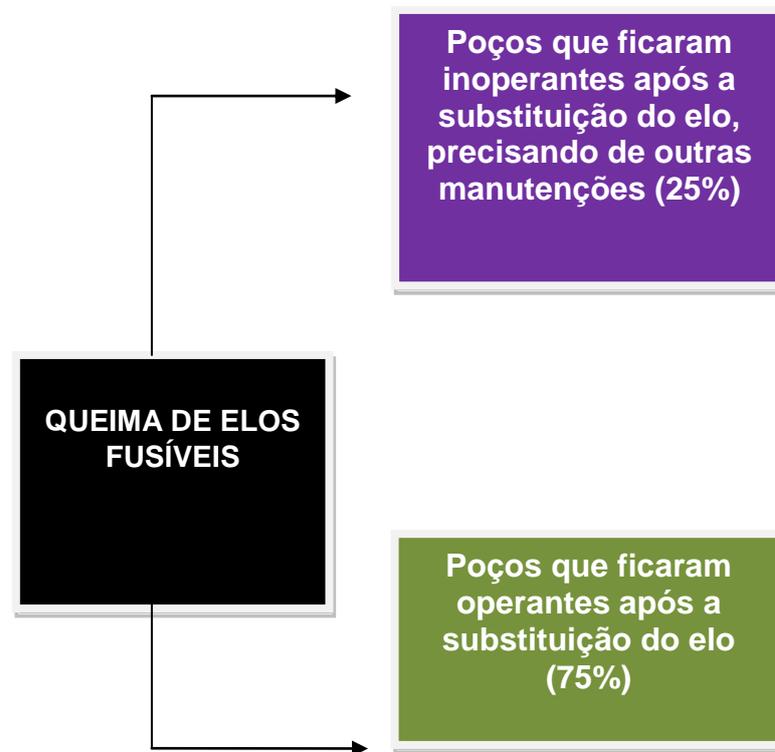
Caso o elo fusível não consiga exercer adequadamente tal proteção ou diante de sua queima, a produtividade da empresa exploradora e produtora de petróleo serão prejudicadas, gerando perdas a seu processo produtivo e custos excessivos com manutenção. Diante dos altos índices de queima de elos fusíveis, tornou-se relevante para tal organização estudo das causas de queima dos elos fusíveis de poços de extração e produção de petróleo terrestre de Sergipe.

4.2 Análise das Causas de Queima de Elo Fusível

O elevado número de queima de elo fusível no segundo semestre de 2010 chamou atenção quanto às causas de sua ocorrência, levando a análise das mesmas, utilizando as ferramentas da qualidade, a fim de que se executasse ações capazes de inibi-las.

Dando início ao estudo, foi elaborada uma árvore de estratificação a partir da queima de elos fusíveis ocorridos entre os dias 01 de agosto de 2010 e 31 de dezembro do mesmo ano. A Figura 15 mostra o percentual de queimas em que o poço continuou operando após a troca da peça do elo fusível (75%) e as que precisaram de outras manutenções para que voltassem a funcionar (25%).

Figura 15 – Árvore de estratificação das queimas de elo fusível



Fonte: Autor

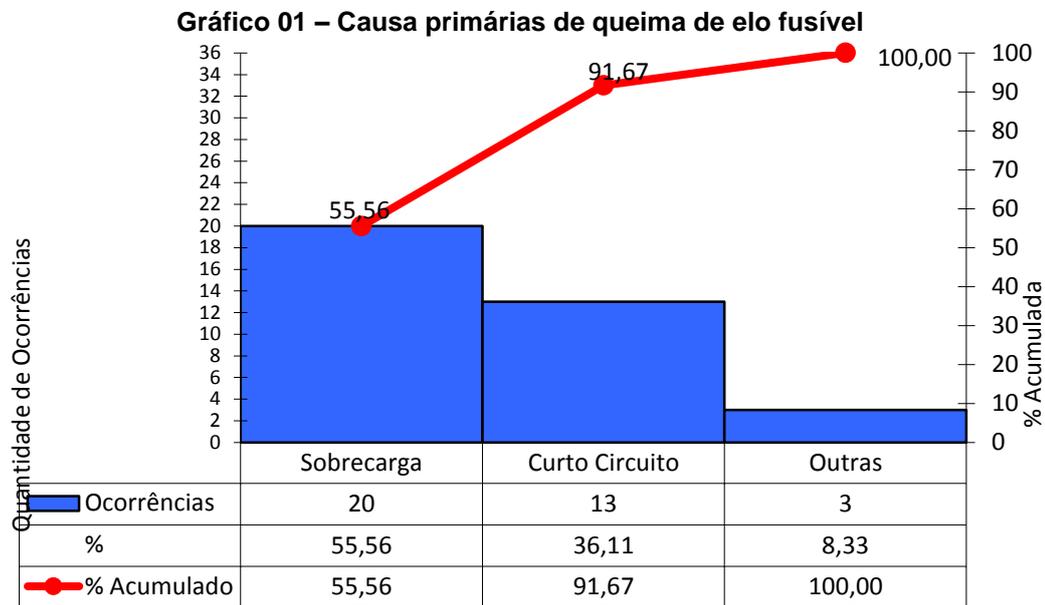
Feita a estratificação, foi realizado levantamento de dados acerca das causas primárias de queima de elo fusível, analisando-se, posteriormente, suas causas raízes, levando-se em consideração somente nos casos que sua substituição foi suficiente para que o poço de petróleo retornasse a operar normalmente.

4.2.1 Identificação das causas primárias de queima de elo fusível

Os dados das causas primárias da queima de elo fusível, assim como das causas de sua ocorrência, foram extraídos do sistema informatizado de manutenção da empresa sob análise e de estudo realizado pela empresa exploradora e produtora de petróleo de Sergipe.

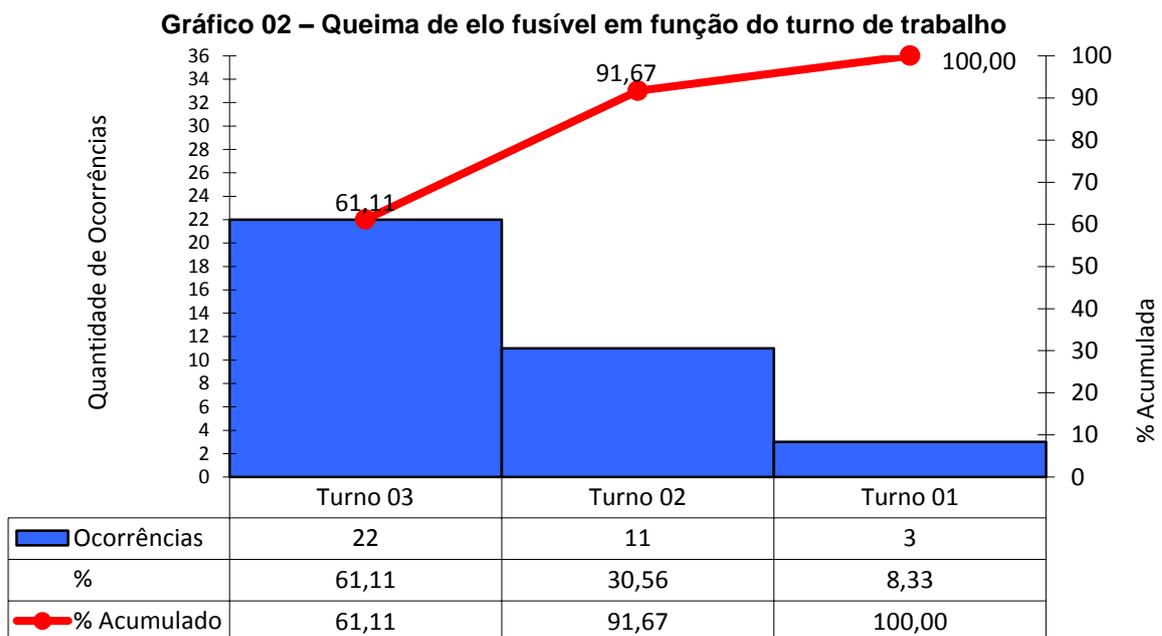
Assim, após análise de tais dados, foi identificado que o maior índice de

queima estava relacionado a causa primária sobrecarga (55,56%), seguidas de curto-circuito (36,11%) e outras causas primárias (8,33%), como mostra o Gráfico 01.



Fonte: Autor da Pesquisa

Outro aspecto observado durante a pesquisa foi a relação da queima de elo fusível em função do horário. A empresa sob análise trabalha em três turnos contínuos: 00:30 hs às 07:30 (turno 01); das 07:30 hs as 16:30 hs (turno 02); e, 16:30 hs às 00:30 hs (turno 03). O Gráfico 02 mostra os altos índices de queima no turno 03 (61,11%), seguidos de turno 02 (30,56%) e de turno 03 (8,33%).



Fonte: Autor da Pesquisa

Foi verificado que a alta incidência da ocorrência de queima no turno 03 (16:30 hs às 00:30 hs) coincide com os horários de picos do sistema de energia, o que pode explicar a principal causa primária de queima de elo fusível, ou seja, sobrecarga. Estes picos ocorrem quando o sistema é sobrecarregado com seu uso.

Diante disto, passou-se a realização do estudo a cerca das causas raízes de sobrecarga e curto circuito, desprezando-se as causa classificadas como outras, priorizando-se, no entanto, o estudo de sobrecarga no turno 03 de funcionamento da empresa sob análise.

4.2.2 Análise das causas raízes de queima de elo fusível

Como mencionado anteriormente, as principais causas primárias de queima de elo fusível da empresa em estudo, são a sobrecarga e o curto circuito. Ao analisar os dados do sistema de gestão de manutenção da empresa, foi observado que a sobrecarga teve como única causa raiz registrada a seletividade dos equipamentos envolvidos no processo de fornecimento de energia elétrica ao poço de petróleo.

Quanto ao curto circuito, foram apontadas diversas causas raízes, todas elas visualizadas no Quadro 03.

Quadro 03 – Causas de queima de elo fusível

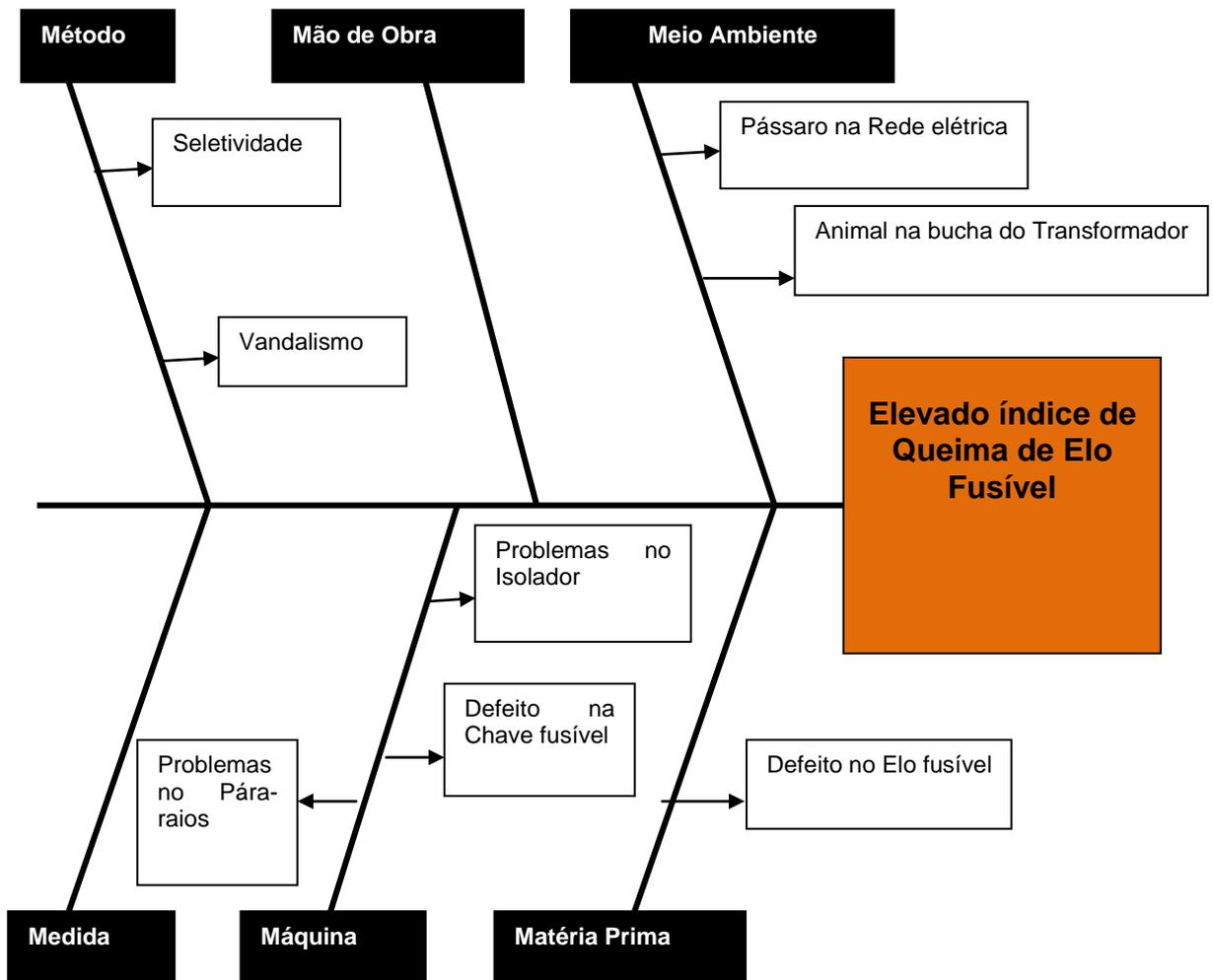
Item	Causas para a ocorrência de queima de elos fusível
1	Vandalismo (Mt)
2	Animal da bucha do Transformador (MA)
3	Defeito na Chave fusível (Mq)
4	Pássaro na Rede elétrica (MA)
5	Defeito no Elo fusível (MP)
6	Defeito no Isolador (Mq)
7	Problemas no pára-raios (Mq)
Legenda	MO- MÃO-DE-OBRA Mq – MÁQUINA MP – MATÉRIA – PRIMA MA – MEIO-AMBIENTE Md – MEDIDA MT – MÉTODO

Fonte: Empresa em análise (2010)

É importante mencionar que as causas raízes, tanto de sobrecarga quanto de curto circuito, foram devidamente comprovadas por intermédio dos relatórios de manutenção realizados, sendo consideradas, portanto, como

verdadeiras para efeito do estudo realizado. Para melhor visualização destas causas raízes, foi necessária sua apresentação na forma de um diagrama de Ishikawa, como mostra a Figura 16.

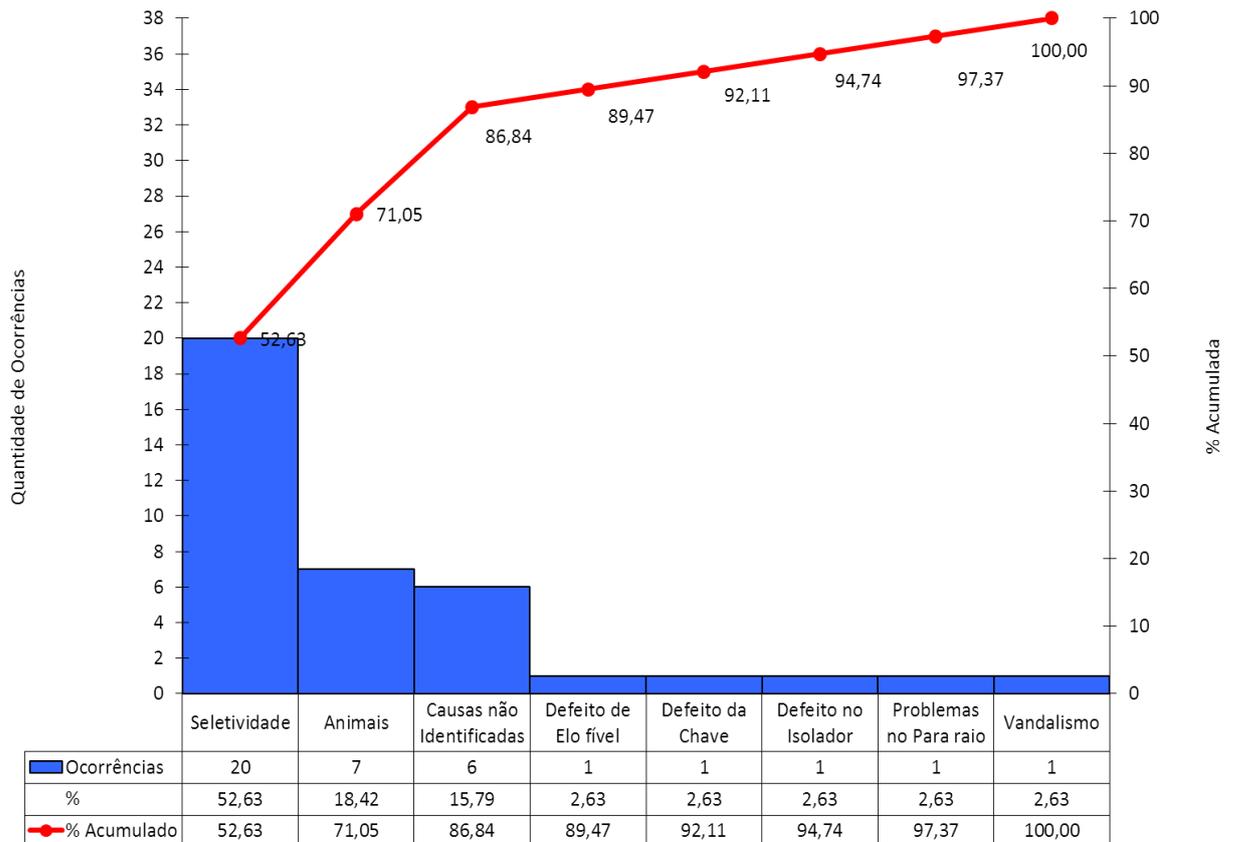
Figura 16 – Diagrama de Ishikawa das causas de queima de elo fusível



Fonte: Autor da pesquisa

Diante das informações mostradas na Figura 13 e do detalhamento dos relatórios de manutenção anotados no sistema de gestão de manutenção da empresa, foi possível observar que a causas raiz mais evidente de queima de elo fusível foi a seletividade, como mostra o Gráfico 03, devendo ser ela priorizada na solução do problema em análise.

Gráfico 03 – Queima em razão de suas causas



Fonte: Autor da pesquisa

Assim, as principais causas raízes de queima de elo fusível são a seletividade (52,68%), seguida de animais na rede (18,42%), causa não identificada (15,79%), defeito do elo fusível (2,68%), defeito da chave seccionadora (2,68%), defeito do isolador (2,68%), problemas no pára raio (2,68%) e vandalismo (2,68%).

É importante ressaltar que todas as causas não identificadas foram registradas no período do turno 03, ou seja, compreendido entre as 16:30 hs e as 00:30 hs, período no qual houve maior registro de ocorrência de queima. A não identificação destas causas pode ter origem na dificuldade de visualização no ambiente de ocorrência, em razão da escuridão e de outros aspectos envolvidos em relação ao turno da noite, razão pela qual a empresa não pode promover mais estudos.

Quanto a animais na rede não é possível viabilizar medida mitigadora além das já tomadas pela empresa. Observa-se, ainda, que a empresa em análise desprezou as demais causas raízes identificadas, salvo a seletividade, por considerá-las casos isolados.

Em relação a seletividade, causa raiz de mais incidência na queima de

elos fusíveis da empresa em estudo, foi realizado estudo a fim de se redimensionar os equipamentos que interagem no sistema elétrico em conjunto com o elo fusível, reduzindo efetivamente, assim, sua queima.

4.3 Principal Causa de Queima: Seletividade

Identificada como principal causa raiz de queima de elos fusíveis, a empresa sob análise realizou uma série de estudos a cerca da seletividade com o intuito de redimensionar as características de seus equipamentos elétricos a fim de otimizar a atuação de seus dispositivos de proteção.

Embora tenha sido formalizada somente em Maio/2011, a partir de Janeiro do corrente ano, a mencionada empresa iniciou análise das curvas de atuação dos dispositivos de proteção elétrica instalados nas unidades de bombeio dos poços de petróleo, contemplando, assim, os elos fusíveis, transformadores de potência, disjuntores, relés térmicos e motores elétricos de indução.

Nesta oportunidade, foram observadas as características listadas no Quadro 04.

Quadro 04 – Características dos equipamentos em estudo

Características Básicas dos Quadros de Comando			Potência do TRANSFORMADOR	Elo fusível (13,8 kV)
Potência da carga (MOTORES)	Tipo do Disjuntor	Tipo do Relé Térmico		
10 CV	30A (TERASAKI - XS100NS)	3RB20-46-1UB0	10 kVA	1H
15 CV	30A (TERASAKI - XS100NS)	3RB20-46-1UB0	15 kVA	1H
20 CV	50A (TERASAKI - XS100NS)	3RB20-46-1UB0	30 kVA	2H
25 CV	50A (TERASAKI - XS100NS)	3RB20-46-1UB0	30 kVA	2H
30 CV	50A (TERASAKI - XS100NS)	3RB20-46-1UB0	30 kVA	2H
40 CV	100A (TERASAKI - XS100NS)	3RB20-46-1UB0	45 kVA	2H
50 CV	150A (TERASAKI - XS225NS)	3RB20-56-1FC2	50 kVA	3H
60 CV	150A (TERASAKI - XS225NS)	3RB20-56-1FC2	75 kVA	5H
75 CV	225A (TERASAKI - XS225NS)	3RB20-56-1FC2	75 kVA	5H
100 CV	225A (TERASAKI - XS225NS)	3RB20-56-1FC2	112,5 kVA	12K

Fonte: Empresa sob análise (2011)

A título de esclarecimento, a primeira linha do Quadro 04 pode ser explicada da seguinte forma:

Para o sistema elétrico das U.B acionadas por motores elétricos com potência igual a 10cv (cavalos), tinha o mesmo o dimensionamento de seus equipamentos de proteção e alimentação as seguintes características: relé térmico com faixa de ajuste de corrente de operação de 20 a 46 amperes e modelo 3RB20-46-1UB0, disjuntor com capacidade de operação de 30 amperes e modelo TERASAKI-XS100NS, transformador dimensionado para potência de 10kva (kilo-volt-amper) e elos fusíveis correspondentes a proteção do transformador de valor e característica de atuação igual a 1H, onde “1” corresponde a capacidade de condução de corrente elétrica e “H” referente a sua curva de atuação em função da “corrente elétrica x tempo”.

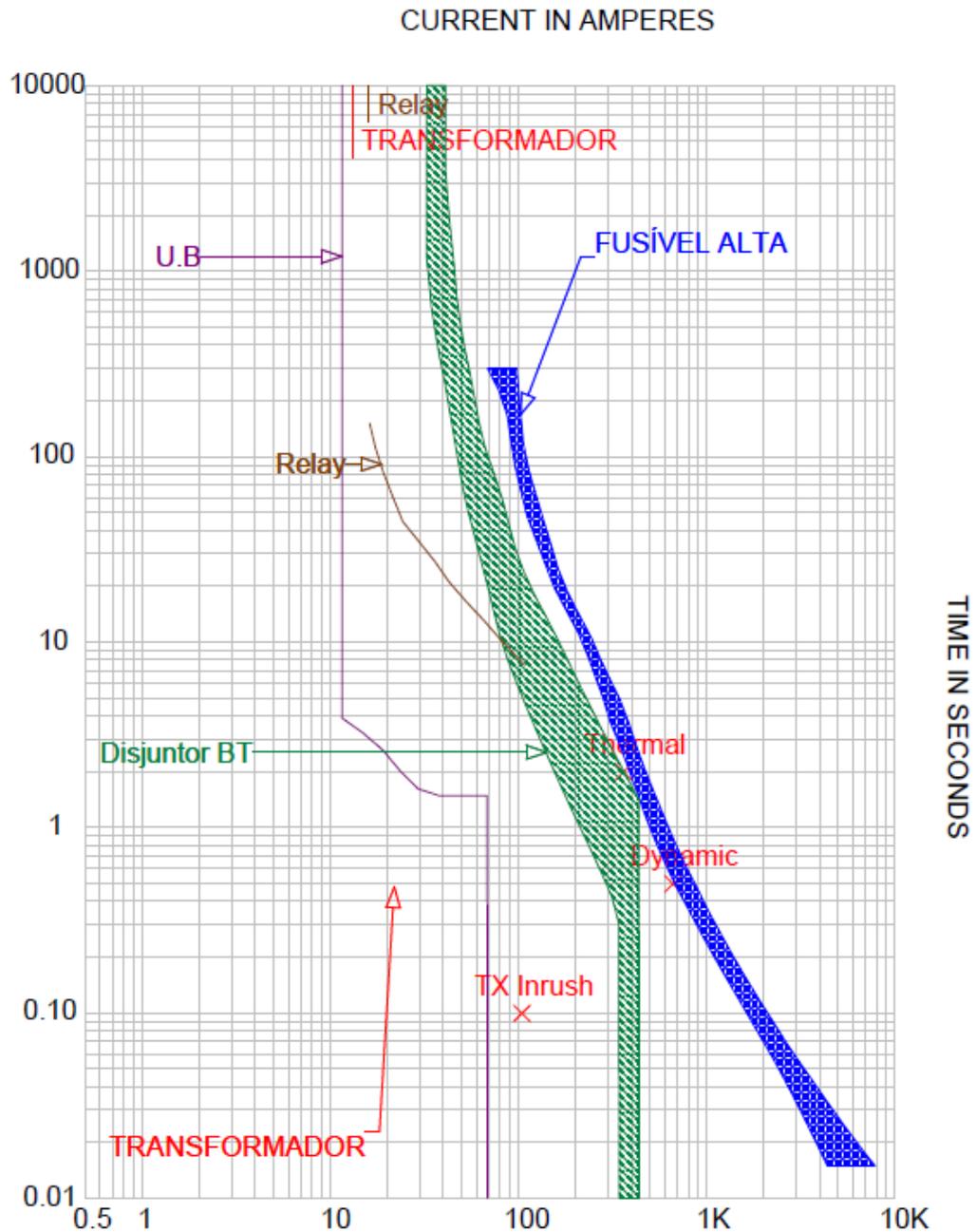
É importante ressaltar que o elo fusível e o transformador são equipamentos que estão sob responsabilidade do setor de Atividade de Fornecimento de EnergiaElétrica (AFE), setor responsável pelas instalações elétricas com nível de

tensão acima de 1000V. Já o disjuntor, o relé térmico, e o motor elétrico, no entanto, está a cargo do setor de Atividade de Manutenção Elétrica (AME), setor responsável pelas instalações com nível de tensão abaixo de 1000 volts. Assim, embora as responsabilidades sejam distintas, o estudo foi realizado de forma coordenada.

Depois de realizados as devidas análises nas curvas dos dispositivos de proteção elétrica instaladas na UB avaliadas, através da utilização do software Power Tools for Windows (PTW), desenvolvido pela SKM, foi observado que os disjuntores e relés térmicos não estavam atuando adequadamente sobre os equipamentos que deveriam proteger, sobrecarregando a atuação do elo fusível e levando a sua queima.

A título de ilustração das análises acima mencionadas, esta pesquisa apresenta o estudo da curva em motores de 10 CV, ressaltando-se, desde já, que as demais curvas encontram-se em anexo. Como mostra a Figura 17, a análise contemplou os elos fusíveis, transformador, disjuntor, relé térmico e motor elétrico de indução.

Figura 17 – Modelagem do sistema até 2010



TCC_newconfig_10cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_ne

Fonte: Empresa em análise (2011)

Através da Figura 17, é possível se perceber um desnivelamento da curva, em razão da incoerência da coordenação entre as curvas de atuação do elo fusível da rede elétrica de alta tensão (13800V), do disjuntor e do relé térmico de baixa tensão ambos localizados no quadro elétrico, e do transformador, promovendo a atuação dos mesmos de forma não ordenada, percebido esta anormalidade

quando projetada a curva correspondente ao comportamento da corrente elétrica em função da ocorrência de sobrecarga e curto-circuito no sistema elétrico. Pode-se visualizar também o encontro das curvas em determinados pontos com os limites máximos de suportabilidade de sobrecarga (thermal) e curto-circuito (dynamic) dos transformadores, representados pelos pontos vermelhos, onde a elevação de corrente deve ser percebida e bloqueada pelo elo fusível através da sua atuação, antes de se alcançar estes limites, já que a função do mesmo nesta configuração é proteger exclusivamente o transformador e os cabos elétricos destinados a sua alimentação e alimentação do quadro de comando, cabos estes interligados a sua entrada e saída de energia elétrica.

Em razão disso, a empresa lançou uma proposta, implantada ainda em janeiro de 2011, na forma visualizada no Quadro 05.

Onde tais dimensionamentos não apresentaram uma coordenação eficiente entre a atuação de seus equipamentos quando projetado no gráfico.

Quadro 05 – Proposta de redimensionamento dos equipamentos elétricos

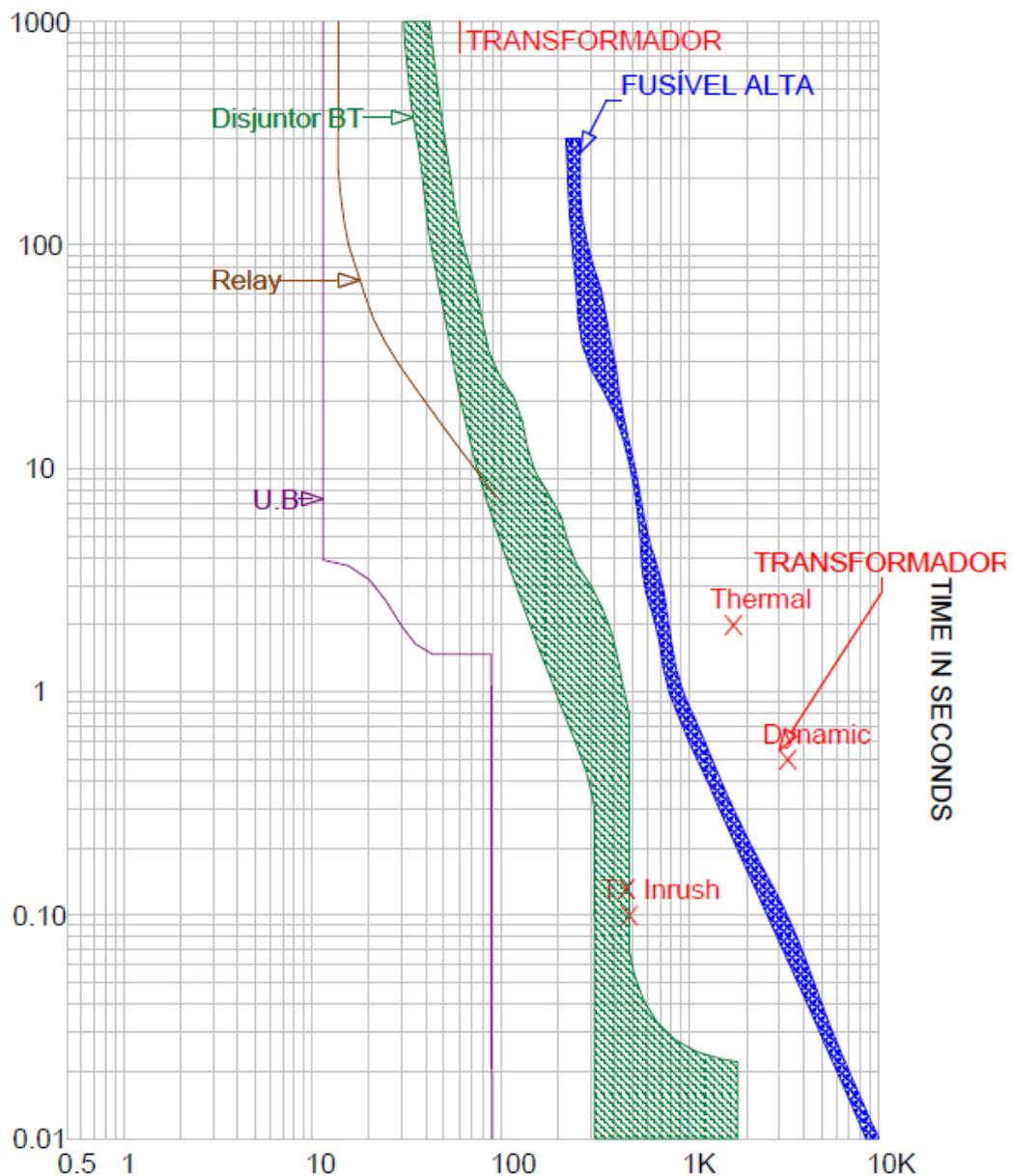
MOTOR CV	Transformador	Disjuntor	Relé Térmico	ELO FUSÍVEL
	POTÊNCIA (KVA)	MODELO	MODELO	
10	50	XS100NS-30A	3RB20461UB0	5H
15	50	XS100NS-30A	3RB20461UB0	5H
20	50	XS100NS-50A	3RB20461UB0	5H
25	50	XS100NS-50A	3RB20461UB0	5H
30	50	XS100NS-50A	3RB20461UB0	5H
40	50	XS100NS-100A	3RB2056-1FC2	5H
50	75	XS225NS-125A	3RB2056-1FC2	10K
60	75	XS225NS-125A	3RB2056-1FC2	10K
75	75	XS225NS-150A	3RB2056-1FC2	10K
100	112,5	XS225NS-150A	3RB2056-1FC2	15K

Fonte: Empresa em análise (2011).a

Portanto, as principais mudanças consistiram na alteração das potências dos transformadores e seus respectivos elos fusíveis, além da alteração dos valores padronizados para alguns reles térmicos e disjuntores. Desta forma, em sistemas elétricos de motor de 10 cv, o transformador de potência passou a ser de 50 kVA e o

elo fusível de 5H. Como pode ser visualizado na Figura 18, tais dimensionamentos ainda não apresentaram coordenação adequada, pois ainda assim ocorreu o encontro da curva de atuação do disjuntor agora com o ponto correspondente ao valor máximo de corrente (inrush) que o transformador alcança no momento de sua energização, ponto este também conhecido por corrente máxima de magnetização do transformador, promovendo assim a atuação do disjuntor de forma inadequada.

Figura 18 – Primeira proposta de remodelagem do sistema
CURRENT IN AMPERES



TCC_proposta_IVAN_10cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

Fonte: Empresa em análise (2011)

Em razão disso, foram feitas novas alterações, visualizadas no Quadro 06, após novo estudo realizado pelo setor Engenharia de Instalações de Produção e Automação (EIPA).

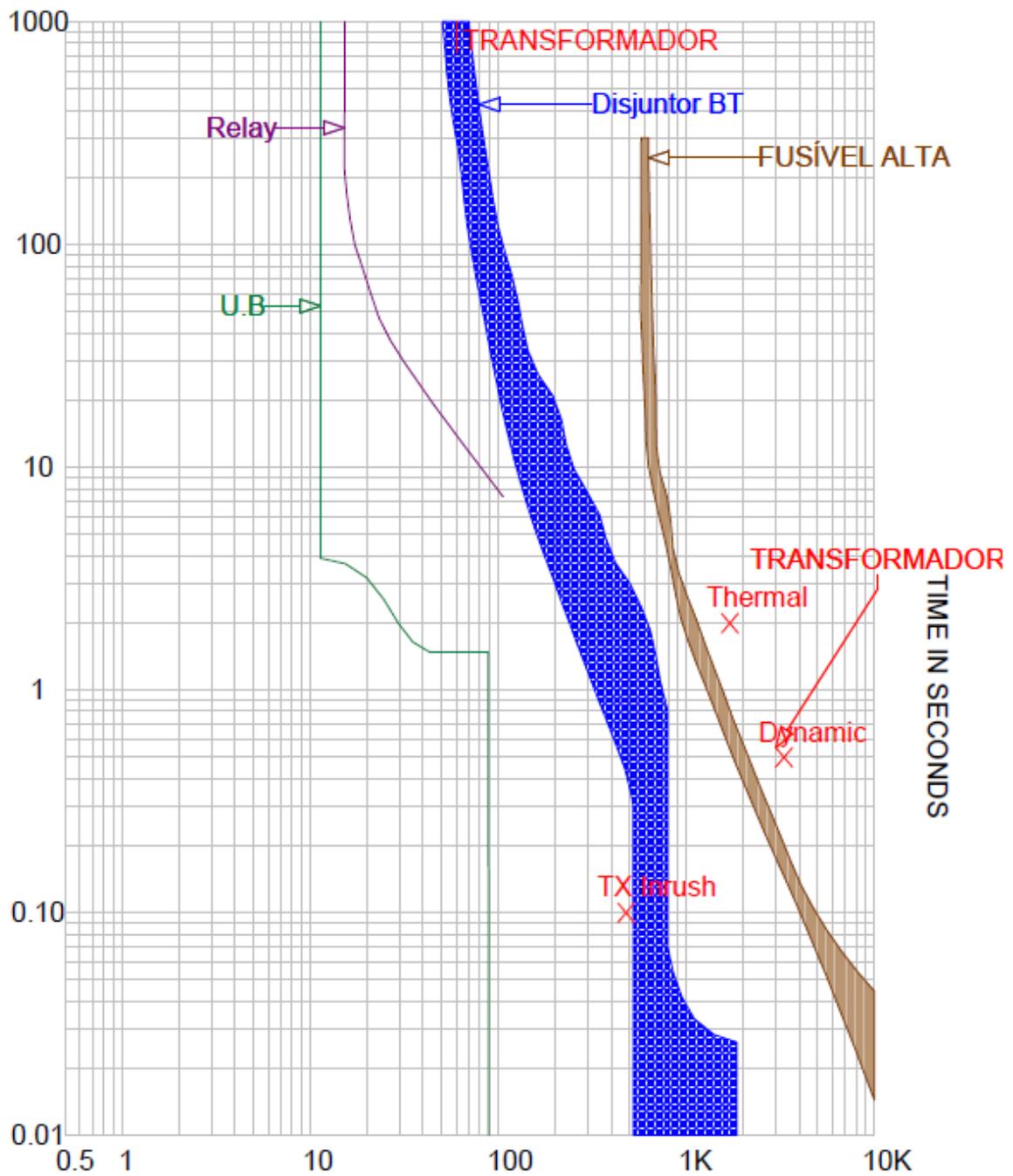
Quadro 06 – Alterações da proposta de estudo

POTÊNCIA (MOTORES)	SUGESTÕES
10cv	- Alteração do elo fusível de 5H para 10K.
15cv	- Alteração do elo fusível de 5H para 10K.
20cv	- Alteração do elo fusível de 5H para 10K.
25cv	- Alteração do elo fusível de 5H para 10K. - Alteração do disjuntor de 50 para 75A.
30cv	- Alteração do elo fusível de 5H para 10K. - Alteração do disjuntor de 50 para 75A.
40cv	- Alteração da potência do transformador de 50 para 75kVA. - Alteração do Elo fusível de 10 para 15K.
50cv	- Alteração do Elo fusível de 10 para 15K.
60cv	- Alteração do Elo fusível de 10 para 15K.
75cv	- Alteração da potência do transformador de 75 para 112,5kVA. - Alteração do Elo fusível de 15 para 20K.
100cv	- Alteração do ajuste do relé térmico de 100 para 105A. - Alteração do Elo fusível de 15 para 20K.

Fonte: Empresa em análise (2011)

Como mostra a Figura 19, estas mudanças apresentaram eficientes, uma vez que, as curvas dos equipamentos avaliados se apresentaram devidamente coordenadas. Essas definições foram avaliadas e aprovadas pela gerência da empresa, sendo implantadas a partir de fevereiro de 2011. Ressalta-se que as demais curvas com a modelagem aprovada estão em anexo.

Figura 19 – Proposta de remodelagem do sistema aprovada pela empresa
CURRENT IN AMPERES



TCC_proposta_EIPA_10cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

Fonte: Empresa em análise (2011)

Desta forma, foram alterados a capacidade e modelo dos elos fusíveis para cada motor utilizado. Então, o elo fusível de capacidade 5 foi substituído para o elo fusível de capacidade 10 e o modelo estrutural “H” para o modelo “K”, e assim

por diante.

Ressalte-se que, nesta oportunidade, ficou decidido que as alterações nos equipamentos acima proposto seriam realizadas conforme a ocorrência da queima de elos fusíveis futuras e realização de manutenções programadas, viabilizando, no momento de sua substituição, a realização do mencionado redimensionamento.

Do período compreendido entre fevereiro/2011 e agosto/2011 foram registradas 12 ocorrências de queima de elo fusível, como mostra o Quadro 07. Como determinado pela gerência da empresa, foi realizado o redimensionamento da seletividade dos sistemas elétricos destes poços de petróleo.

Quadro 07 – Relação de ocorrências de queima de elo fusível em razão da seletividade em 2011

MESES	POÇO	TEMPO	PERÍODO	CARACTERÍSTICA	CAUSA
Fevereiro	SZ 0293	62	25/02/2011	Sobrecarga	Seletividade
Março	CP 0415	52	12/03/2011	Sobrecarga	Seletividade
	CP 0599	38	17/03/2011	Sobrecarga	Seletividade
	CL 0044	30	23/03/2011	Sobrecarga	Seletividade
Abril	CP 1283	70	04/04/11	Sobrecarga	Seletividade
	CP 0555	30	13/02/11	Sobrecarga	Seletividade
Maio	CP 1762	175	14/05/11	Sobrecarga	Seletividade
	CP 0345	175	29/05/11	Sobrecarga	Seletividade
Junho	RO 0036	287	09/06/11	Sobrecarga	Seletividade
	BRG 0035	113	28/06/11	Sobrecarga	Seletividade
Agosto	CP 0884	144	02/08/11	Sobrecarga	Seletividade
	RO 0126	120	19/08/11	Sobrecarga	Seletividade

Fonte: Empresa em estudo(2011 b)

Com efeito, a efetividade desta solução encontrada pela empresa é comprovada pela inexistência de registros de queimas de elo fusível em razão da seletividade, nos poços em que a alteração mencionada anteriormente foi realizada, até outubro/2011, observando-se, no entanto, dois casos de queima em virtude de pássaros na rede elétrica.

À título de evidenciar os benefícios da solução encontrada pela empresa em estudo, serão realizadas comparações relativas a disponibilidade, paradas e

perdas na produção em relação ao primeiro poço em que foi realizado o redimensionamento, ou seja, no Poço SZ 0293. Como mostra o Quadro 08, o elo fusível deste poço queimou três vezes no ano de 2010, no mesmo período.

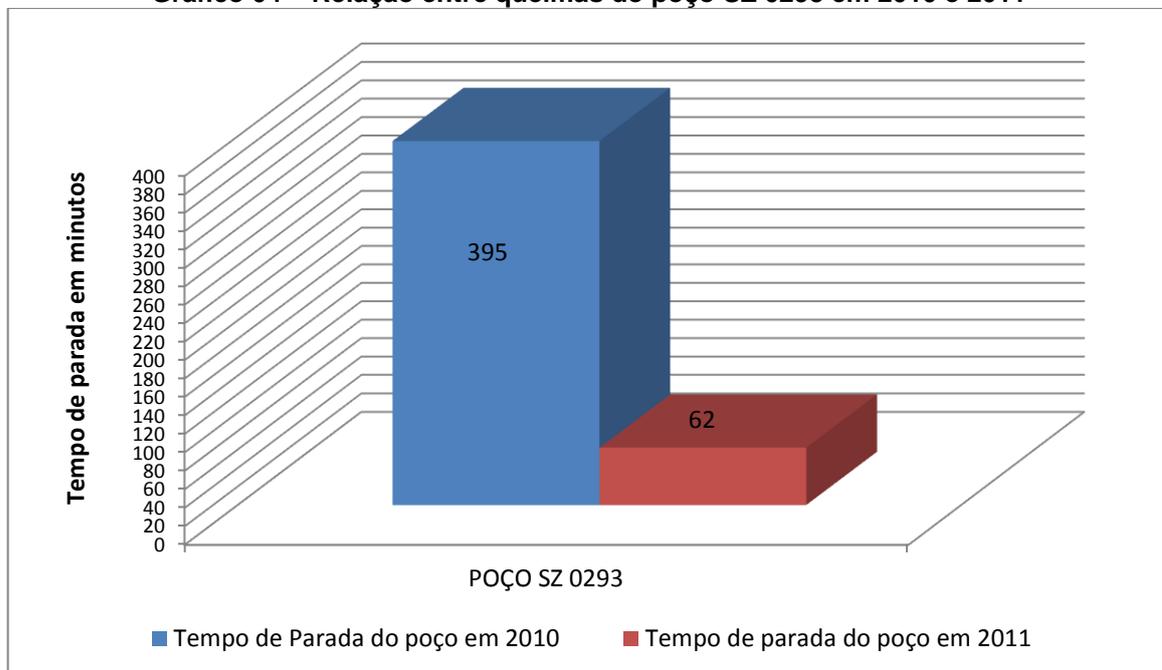
Quadro 08 – Relação de ocorrências de queima de elo fusível do poço SZ 0293 em razão da seletividade no ano de 2010

MESES	POÇO	TEMPO	PERÍODO	CARACTERÍSTICA	CAUSA
Março	SZ 0293	115	21/03/2010	Sobrecarga	Seletividade
Abril	SZ 0293	70	12/04/2010	Sobrecarga	Seletividade
Julho	SZ 0293	210	13/07/2010	Sobrecarga	Seletividade

Fonte: Empresa em Estudo (2010).

Assim, como mostra o Gráfico 04, no período compreendido entre fevereiro/2010 e agosto/2010, este poço ficou parado 395 minutos, ou seja, 6,58 horas, enquanto em 2011, durante o mesmo período, o mencionado poço, somente permaneceu parado 62 minutos, ou seja, cerca de 01 hora.

Gráfico 04 – Relação entre queimas do poço SZ 0293 em 2010 e 2011

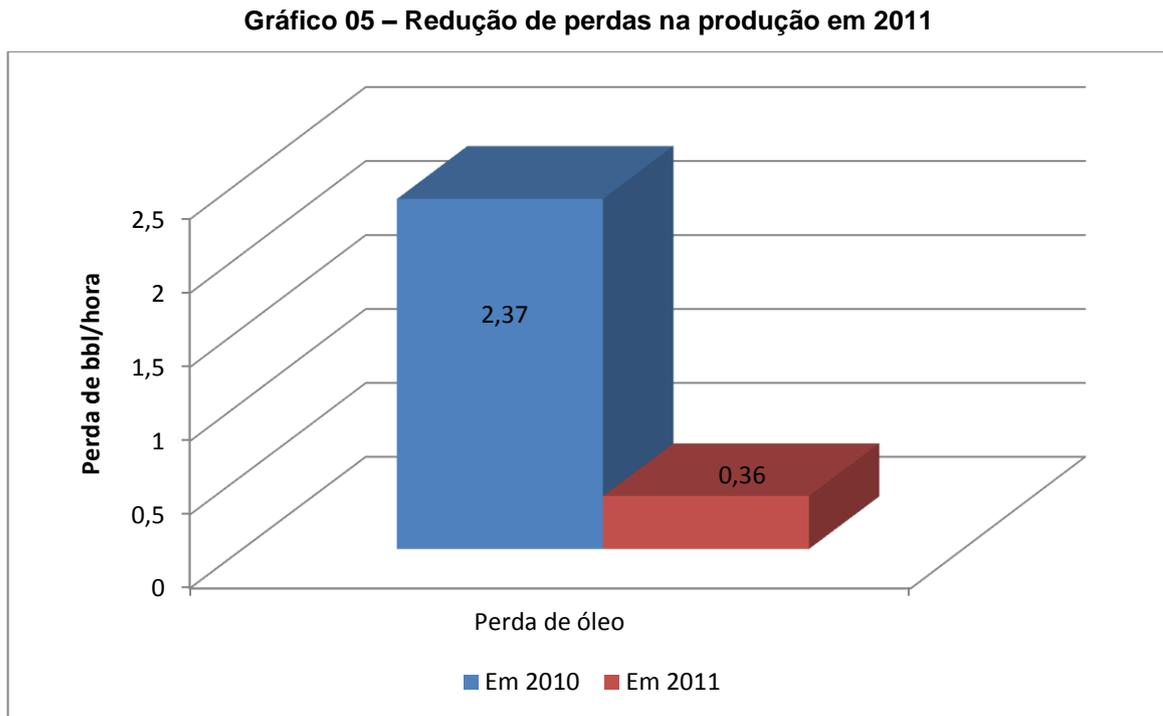


Fonte: Autor da pesquisa

A diferença entre os tempos de parada anteriormente mencionados, representa o tempo em que os equipamentos deste poço ficaram disponíveis, em 2011, para a produção. Assim, após a realização do redimensionamento proposto

pela empresa, os equipamentos deste poço ficaram 333 minutos (5,55 horas) em disponibilidade a mais que no ano anterior.

A redução de parada e o aumento da disponibilidade evidenciam redução de perdas na produção, como mostra o Gráfico 05. Ressalta-se que um poço produz em média 8,5 bbl¹ por dia, ou seja, cerca de 0,36bbl/hora.



Fonte: Autor da pesquisa

Desta forma, em relação a 2010, houve a redução de perda de óleo de aproximadamente 2,01 bbl (barris de petróleo), o que representa um aumento na produção de 2011, em relação a este poço.

Assim, diante da evidente redução de queima de elo fusível em estudo, é possível evidenciar diversos benefícios, tais como: aumento da disponibilidade dos equipamentos elétricos dos poços de petróleo, redução de paradas em razão de queima por seletividade inadequada, diminuição da perda de óleo por parada do poço e otimização da produtividade.

¹ Barris de petróleo que equivalem a aproximadamente 158,98 litros de óleo.

5 CONCLUSÃO

Após a Revolução Industrial, as empresas passaram a investir na aplicação de metodologias de gestão capazes de melhorar os processos produtivos, a fim de manter-se no mercado competitivo. Como suportes para aplicação destas metodologias foram desenvolvidos ferramentas que auxiliavam na identificação e análise de causas de problemas que traziam prejuízos para a empresa.

Esta pesquisa descreveu o processo de fornecimento de energia elétrica para o campo petrolífero da empresa em análise, identificando e analisando as causas da alta incidência de queima de elos fusíveis em 2010, através de ferramentas da qualidade. Após identificação da principal causa, ou seja, a seletividade, foi realizado estudo específico sobre o dimensionamento dos equipamentos envolvidos dos sistemas elétricos dos poços de petróleo.

Depois de realizada a aplicação do novo dimensionamento proposto pela empresa em análise, foi observada a efetiva redução de queima de elos fusíveis, alcançando-se, assim, o objetivo geral proposto por esta pesquisa.

Conclui-se, desta forma, que as ferramentas da qualidade foram eficientes na identificação e análise das causas de queima de elo fusível da empresa em estudo, tornando-se instrumento útil para a gestão da qualidade dos produtos e serviços oferecidos pela mesma.

Observa-se, ainda, que as mencionadas ferramentas foram indiretamente responsáveis pela otimização da produção de óleo e na redução de perdas no processo produtivo dos poços de petróleo sergipanos.

REFERÊNCIAS

- ALDABO, Ricardo. **Qualidade na energia elétrica**. São Paulo:Artliber, 2001
- BATISTA, E. U. R. **Guia de orientação para trabalhos de conclusão de curso: relatórios, artigos e monografias**. Aracaju: FANESE, 2010.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total** . 7. ed. Nova Lima – MG: INDG – Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- CARVALHO, Marly Monteiro de Araújo; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade teorias e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- CORTADA, Antônio. **O que é qualidade?** Artigo publicado em Junho de 2009. Disponível em < www.ahcconsult.com>, acesso em 15 de setembro de 2011.
- EMPRESA EM ANÁLISE. **Relatórios de Manutenção de 2010**. Aracaju: Empresa em análise, 2010.
- EMPRESA EM ANÁLISE. **Estudo de Seletividade**. Aracaju: Empresa em análise, 2011.
- EMPRESA EM ANÁLISE. **Relatórios de Manutenção de 2010**. Aracaju: Empresa em análise, 2011 b.
- FARIA, Caroline. **História da Qualidade**. Artigo Publicado em 10/06/2008. Disponível em <<http://www.infoescola.com/>> , acesso em 21 de setembro de 2011.
- FIGUEIREDO ET ALL, Flávio Fernando de. **Glossário de terminologia básica aplicável à engenharia de avaliações e perícias do IBAPE/SE**. Publicado em 12/11/2002. Disponível em <www.ibape-sp.org.br>, acesso em 02/11/2011.
- FITZGERALD, A. E.; KINGELEY JUNIRO, Charles; UMANS, Stephen. **Máquinas elétricas**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- GUERRINE, Hélio Pereira. **Conceitos básicos de eletricidade**. Publicado em 10/01/01. Disponível em < <http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo3/conceitos.html#corrente>>, acesso em 01/11/2011.
- GODÓI. Adelice Leite de. **Gráfico de Pareto**. Artigo publicado 23/10/2010. Disponível em <www.cedet.com.br> , acesso em 04/12/2011.

MAMEDE FILHO, João. **Manual de equipamentos elétricos**. 3º Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MAMEDE FILHO, João **Instalações elétricas industriais**. 8º Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

NETTO, Luiz Ferraz. **Instalações elétricas. Eletricidade para estudantes – teoria**. Disponível em <www.ceee.com.br>, acesso em 01/11/2011.

PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total**. 2º edição. São Paulo: Editora Atlas, 1997.

PETROBRAS. Estudo de seletividade. Aracaju: Petrobras, 2011.

SILVA, Raul Fernando Ribeiro da. **Elo fusível de distribuição. Especificação de distribuição**. Publicado em 29/06/2006. Disponível em <<http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=17222>> , acesso em 05/11/2011.

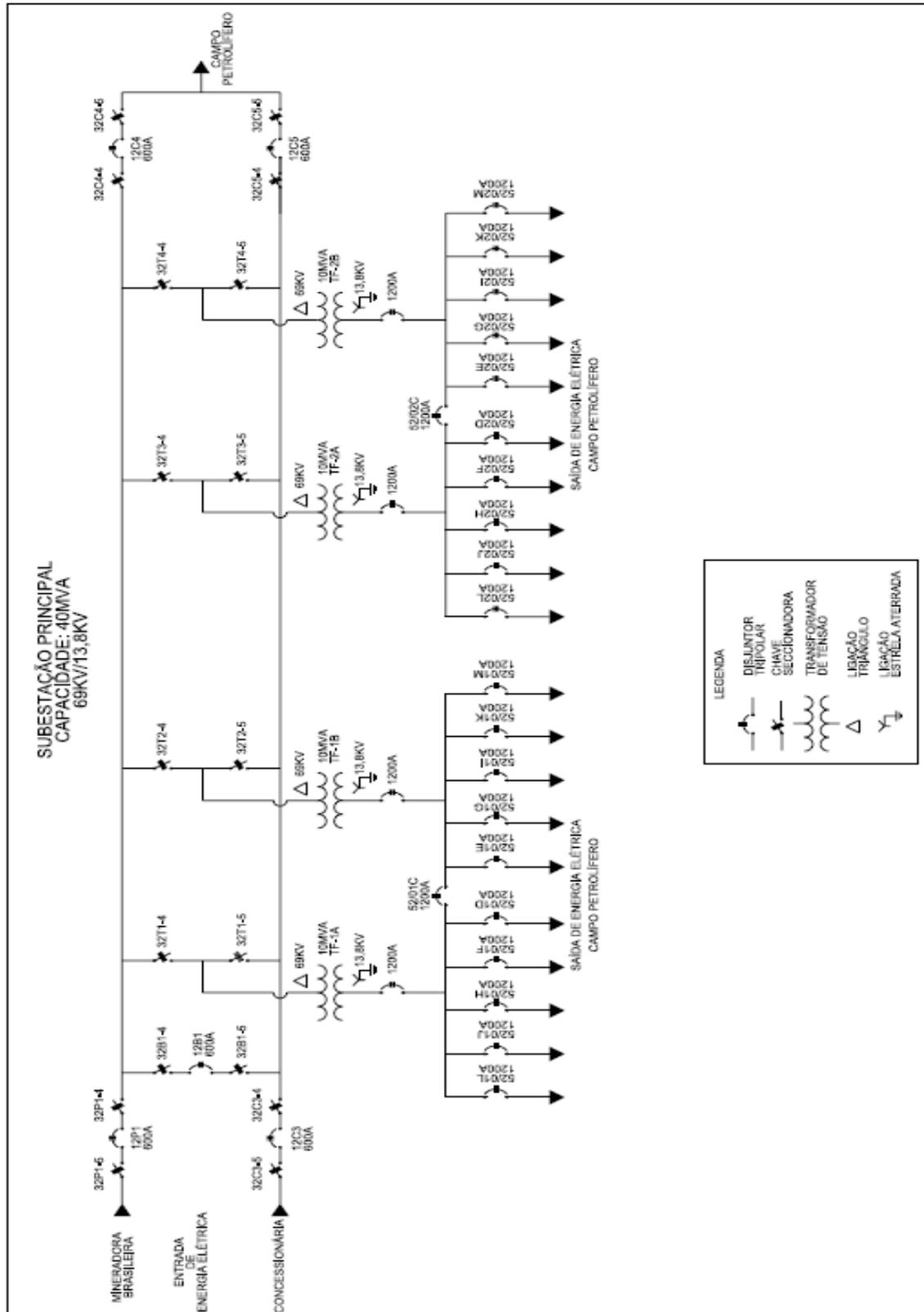
SILVEIRA JUNIOR ET ALL, Dalmo R. **Chave seccionadora tripolar a SF6 – especificação**. Brasília: CEB Distribuição, 2008. Disponível em <<http://www.ceb.com.br/>> , acesso em 01/11/2011.

WERKEMA, Cristina. **As ferramentas de qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Editora Werkena, 1995.

ANEXOS

ANEXO A – DIAGRAMA UNIFILAR DA EMPRESA EM ESTUDO

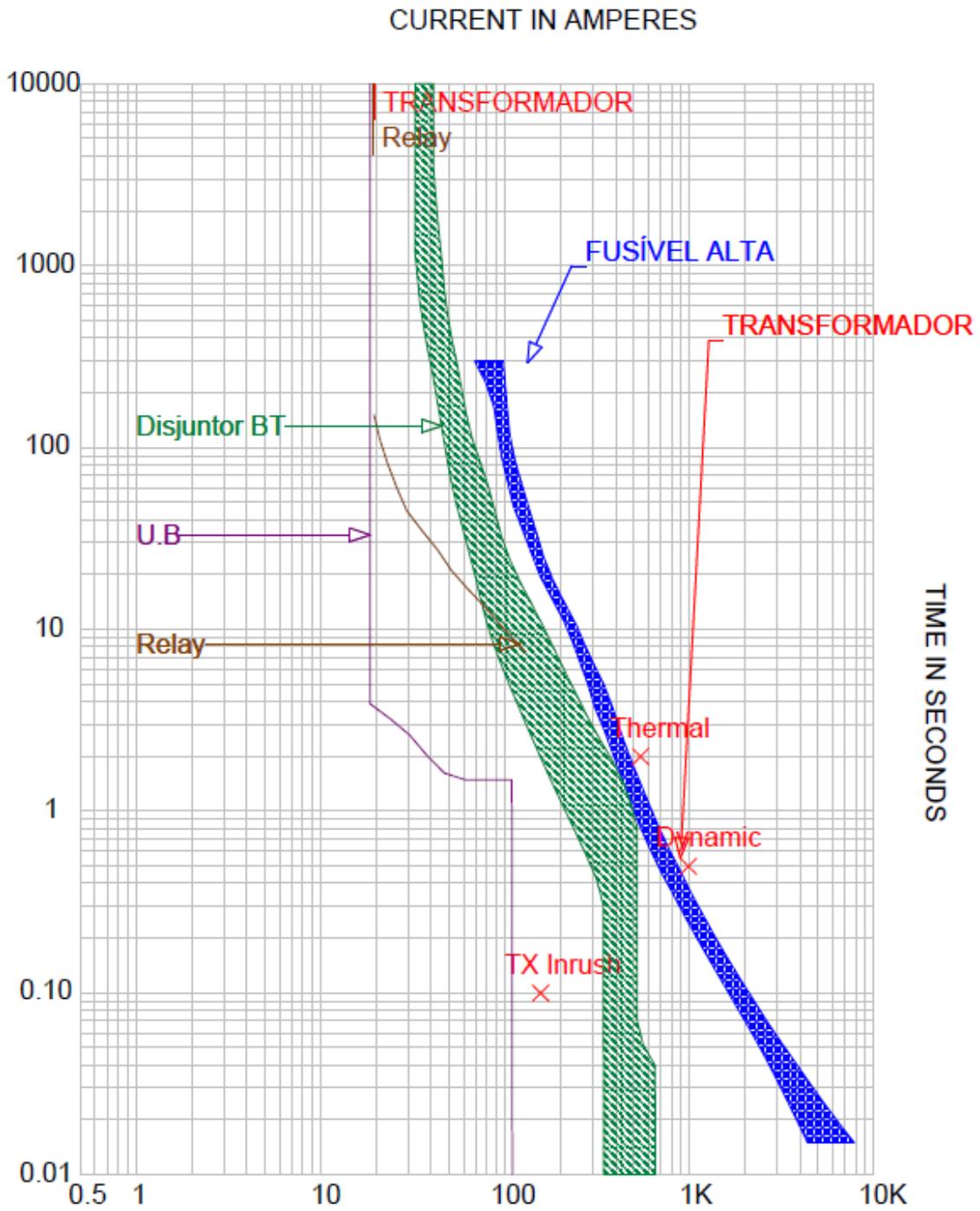
ANEXO A – Diagrama Unifilar do Sistema Elétrico da Empresa em Análise



Fonte: Empresa em estudo (2011)

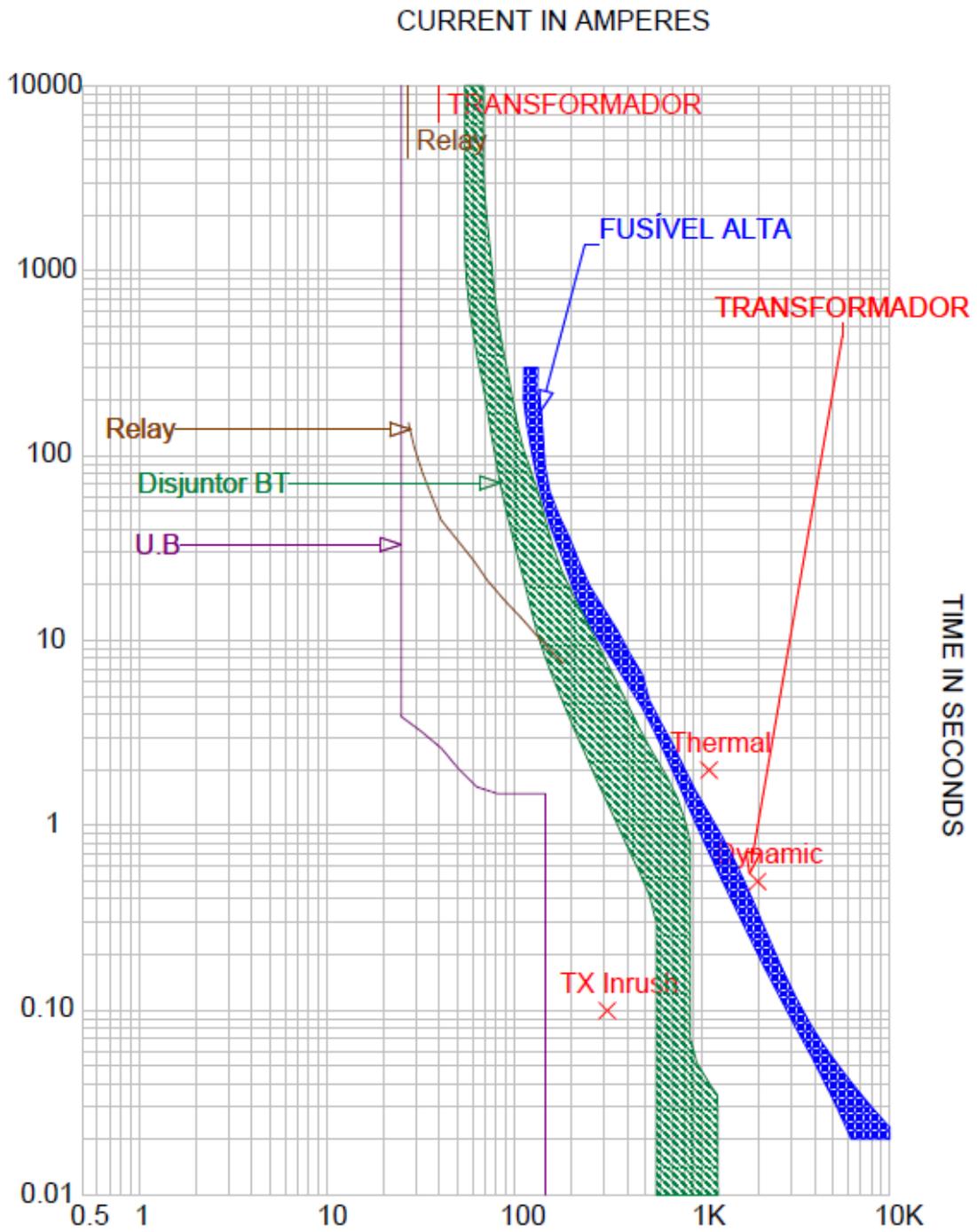
ANEXO B – MODELAGEM DO SISTEMA ATÉ 2010

ANEXO B.1 – Motor 15 CV



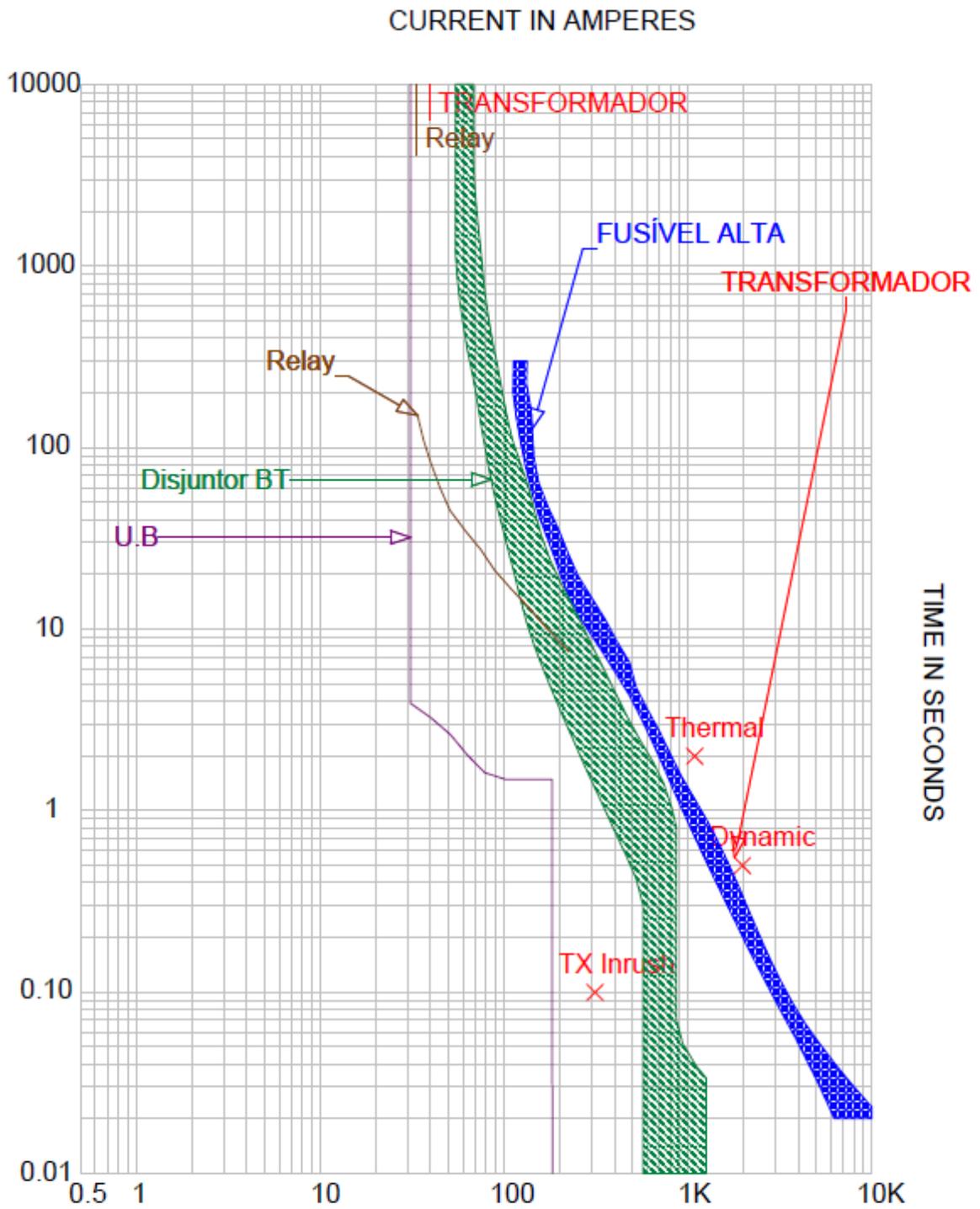
TCC_newconfig_15cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_ne

ANEXO B.2 – MOTOR 20 CV



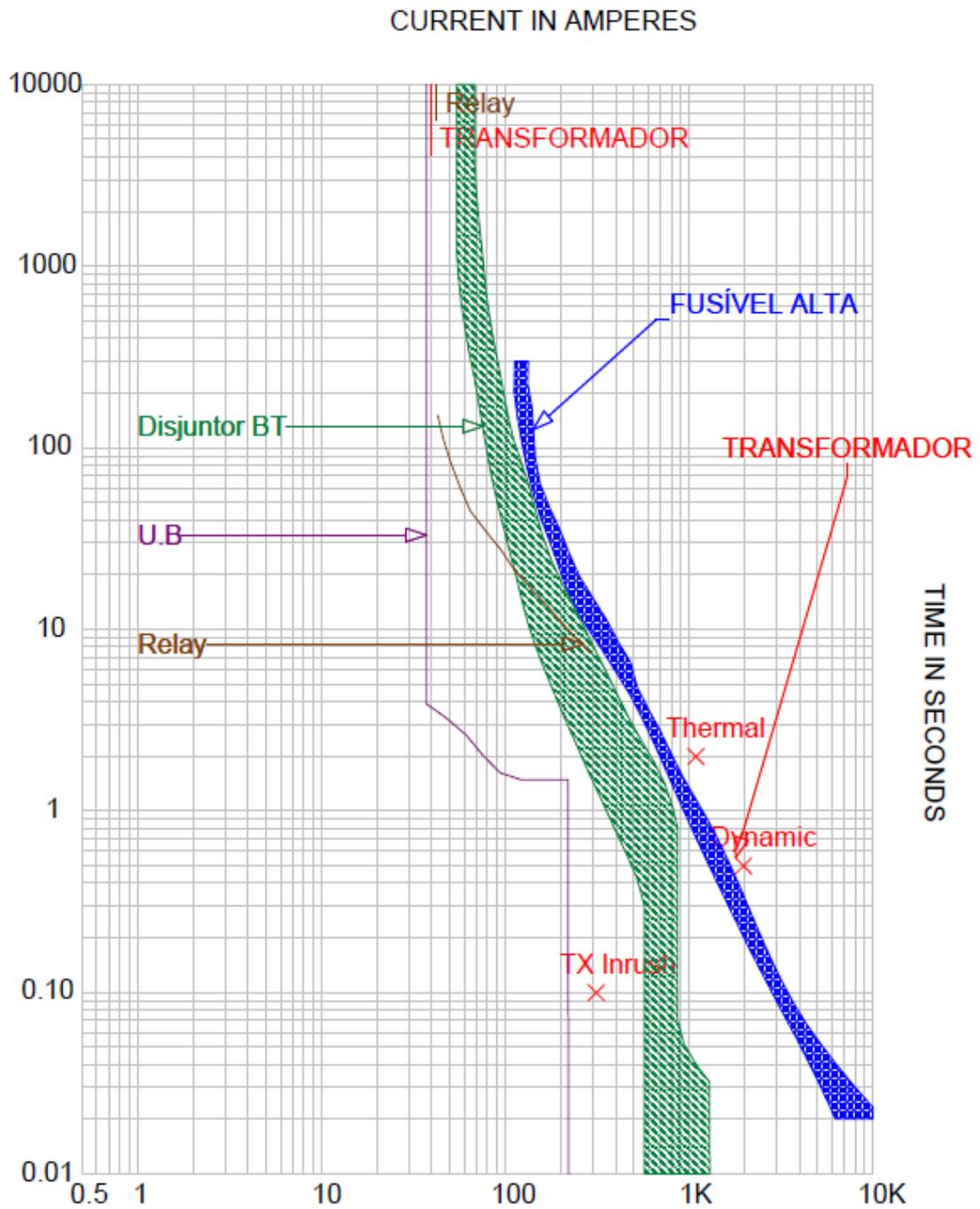
TCC_newconfig_20cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_ne

ANEXO B.3 – MOTOR 25 CV



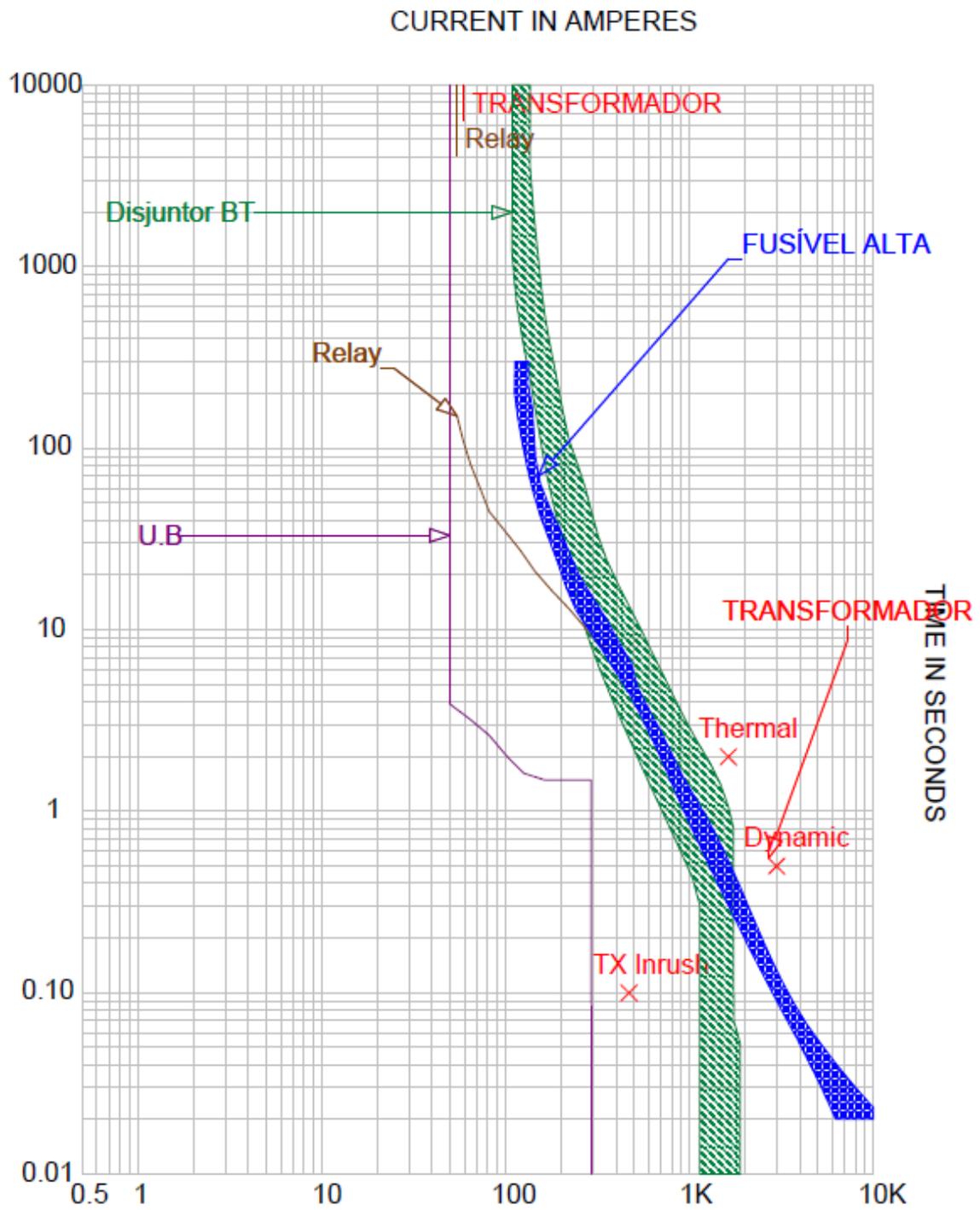
TCC_newconfig_25cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_ne

ANEXO B.4 - MOTOR 30 CV



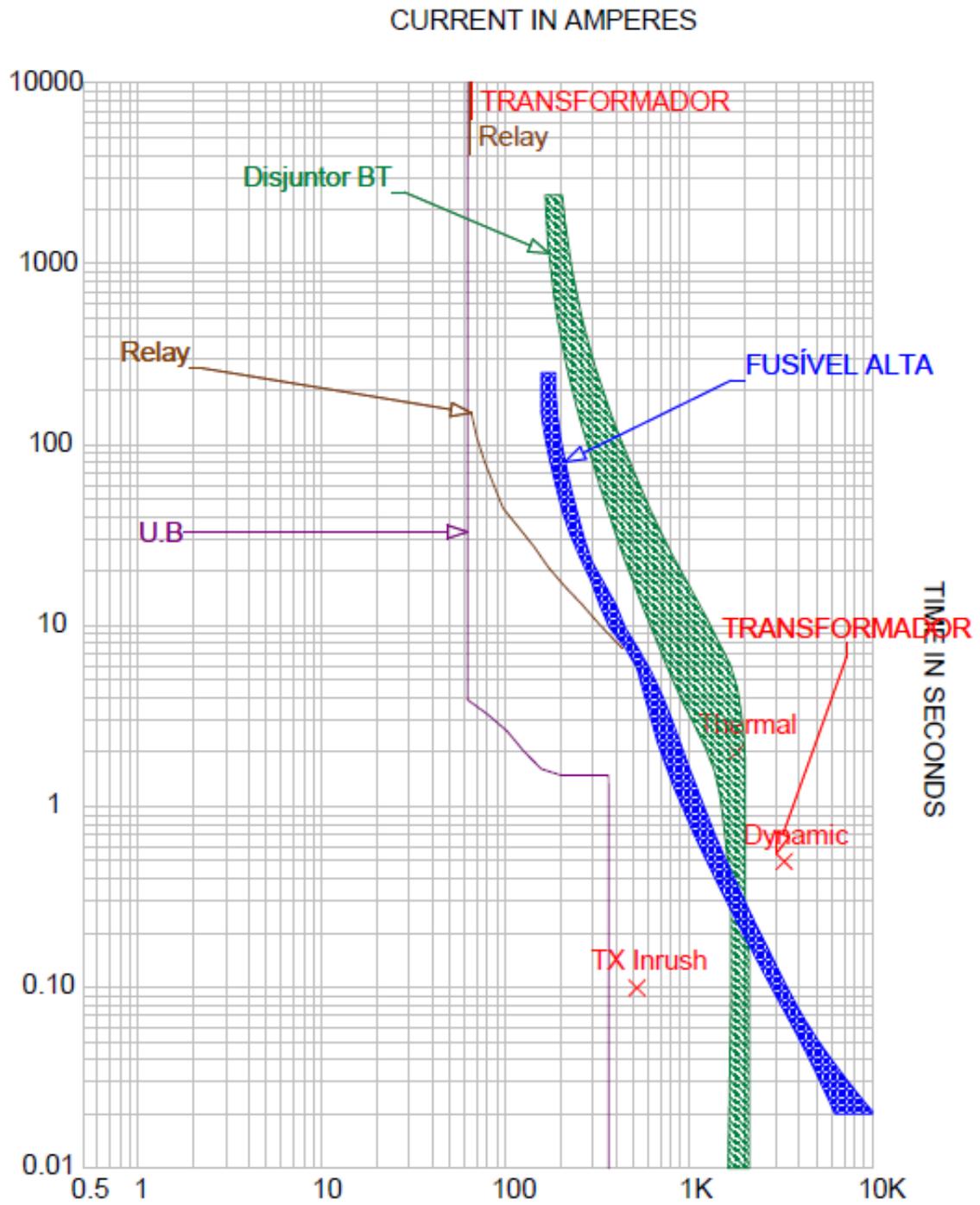
TCC_newconfig_30cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_ne

ANEXO B.5 – MOTOR 40 CV



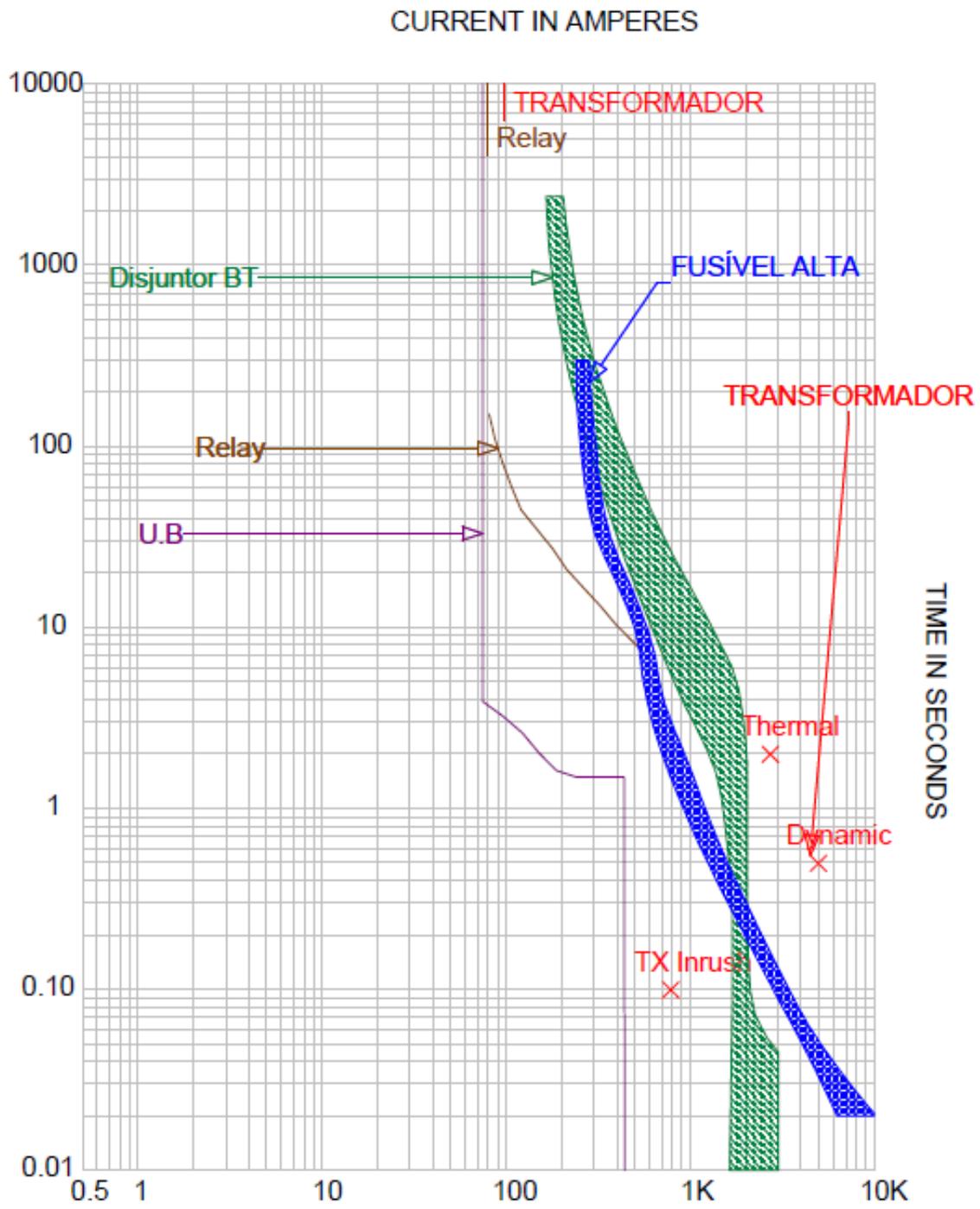
TCC_newconfig_40cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_ne

ANEXO B.6 – MOTOR 50 CV



TCC_newconfig_50cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_ne

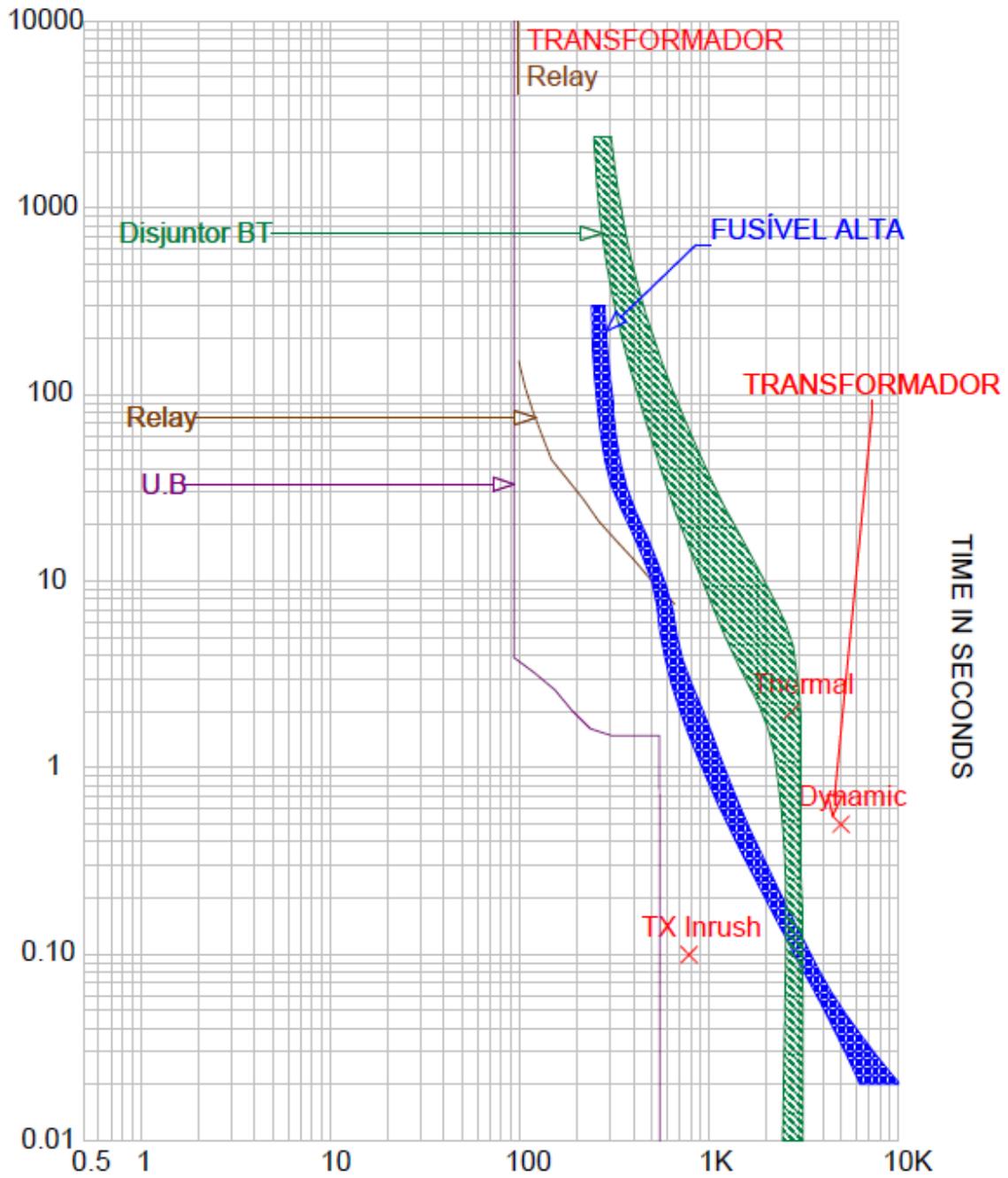
ANEXO B.7 – MOTOR 60 CV



TCC_newconfig_60cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_n

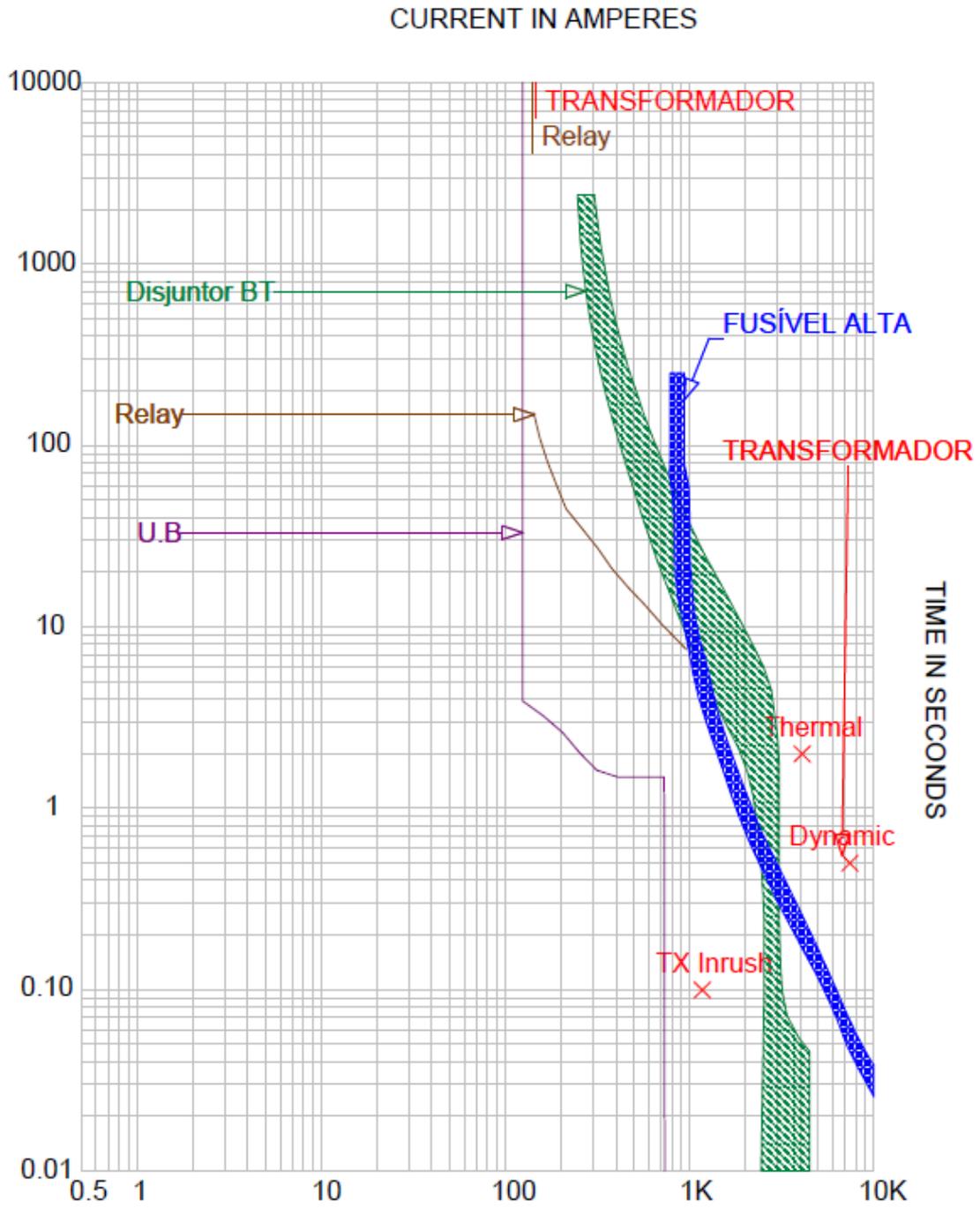
ANEXO B.8 – MOTOR 75 CV

CURRENT IN AMPERES



TCC_newconfig_75cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_ne

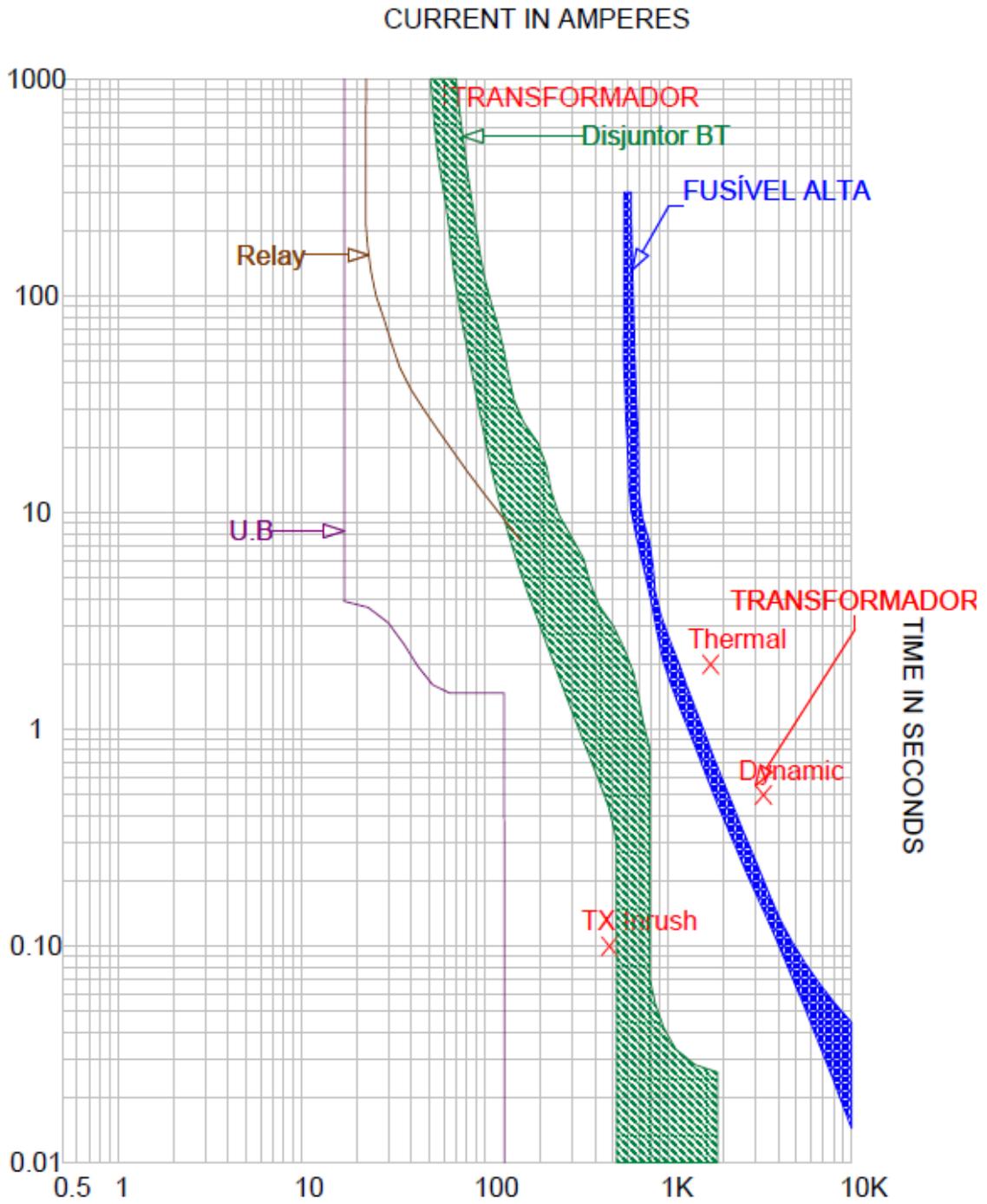
ANEXO B.9 – MOTOR 100 CV



TCC_newconfig_100cv.tcc Ref. Voltage: 440 Current in Amps x 1 TCC_r

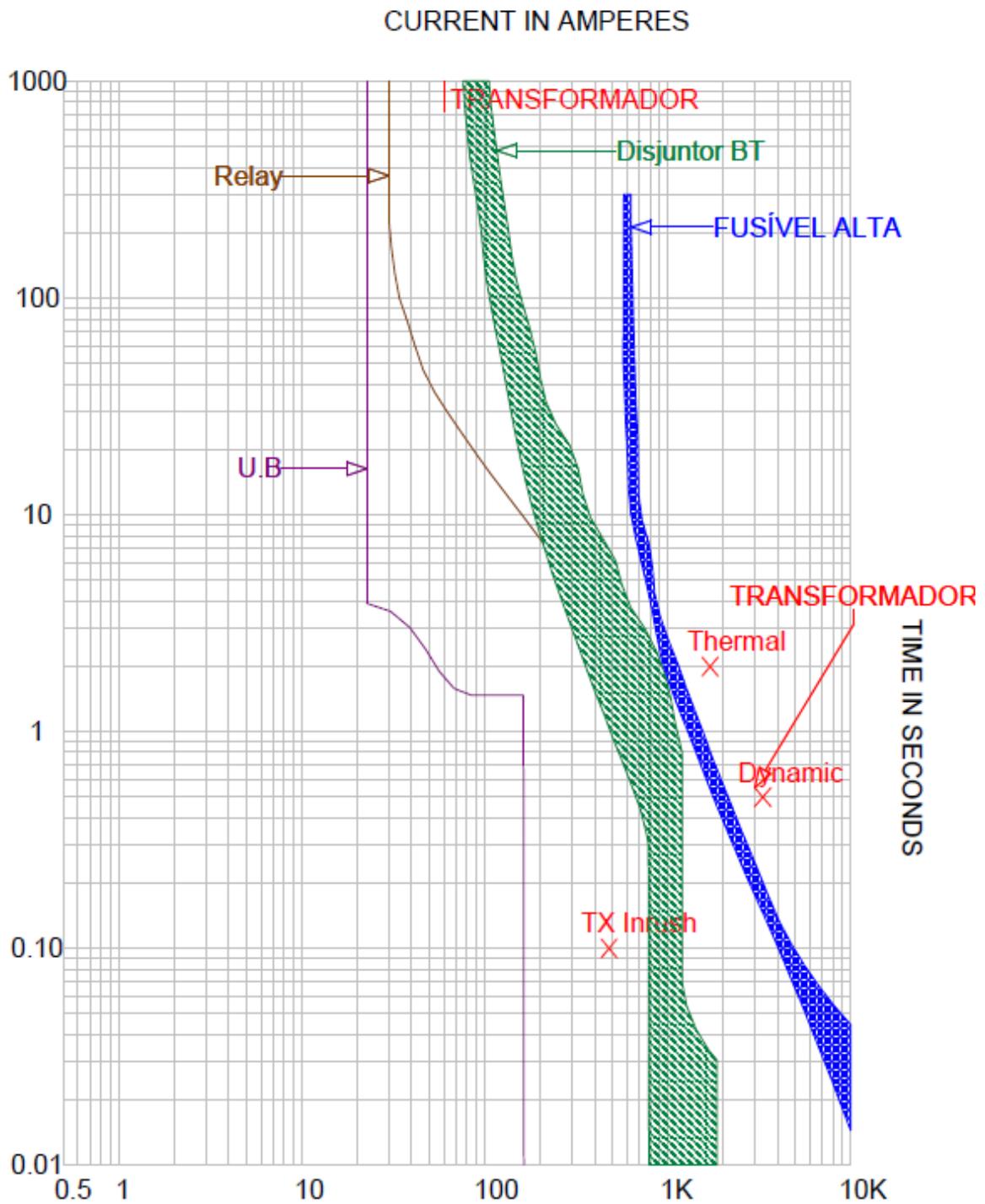
ANEXO C – MODELAGEM ATUAL DO SISTEMA

ANEXO C.1 – Motor 15 CV



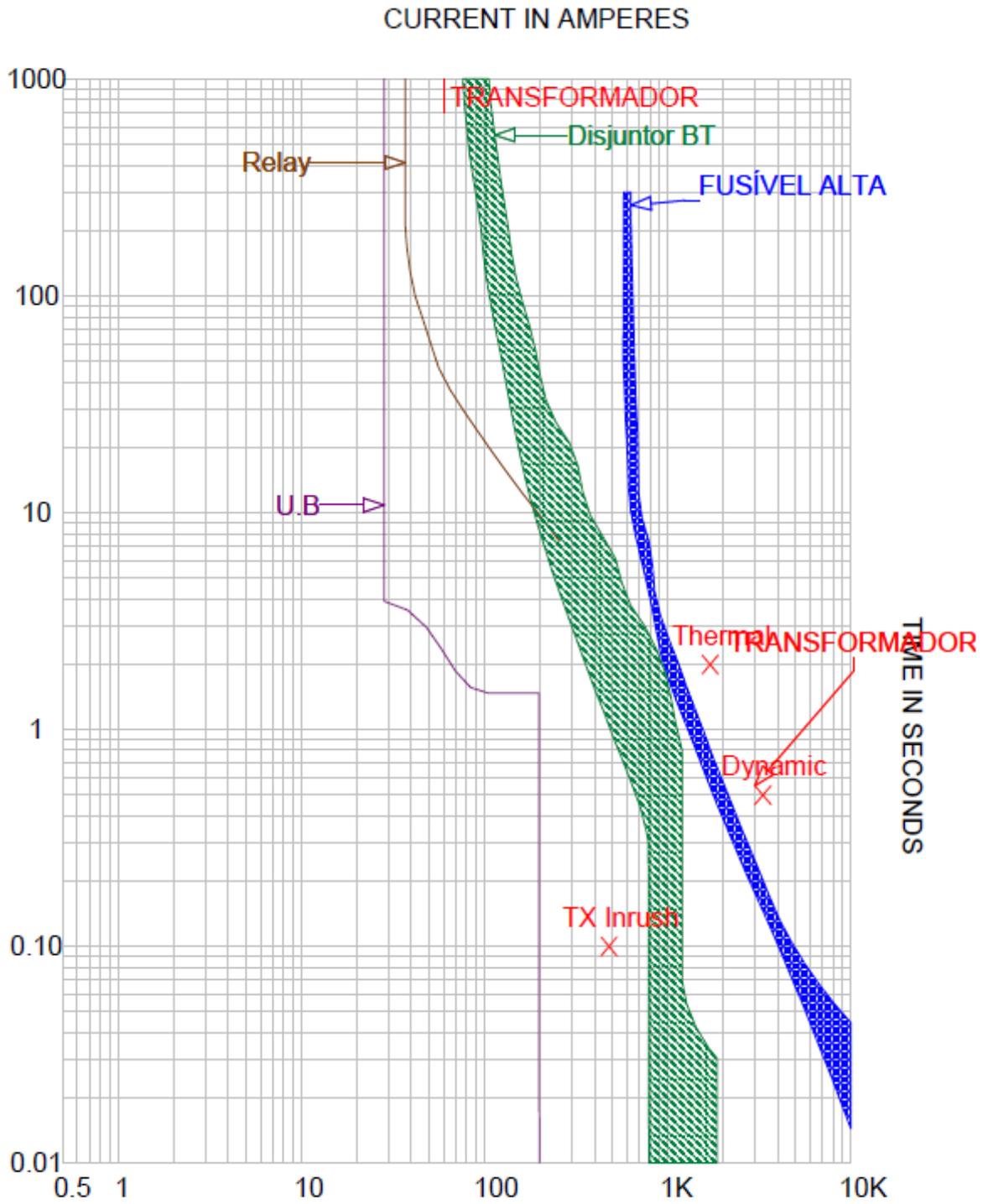
TCC_proposta_EIPA_15cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

ANEXO C.2 – MOTOR 20 CV



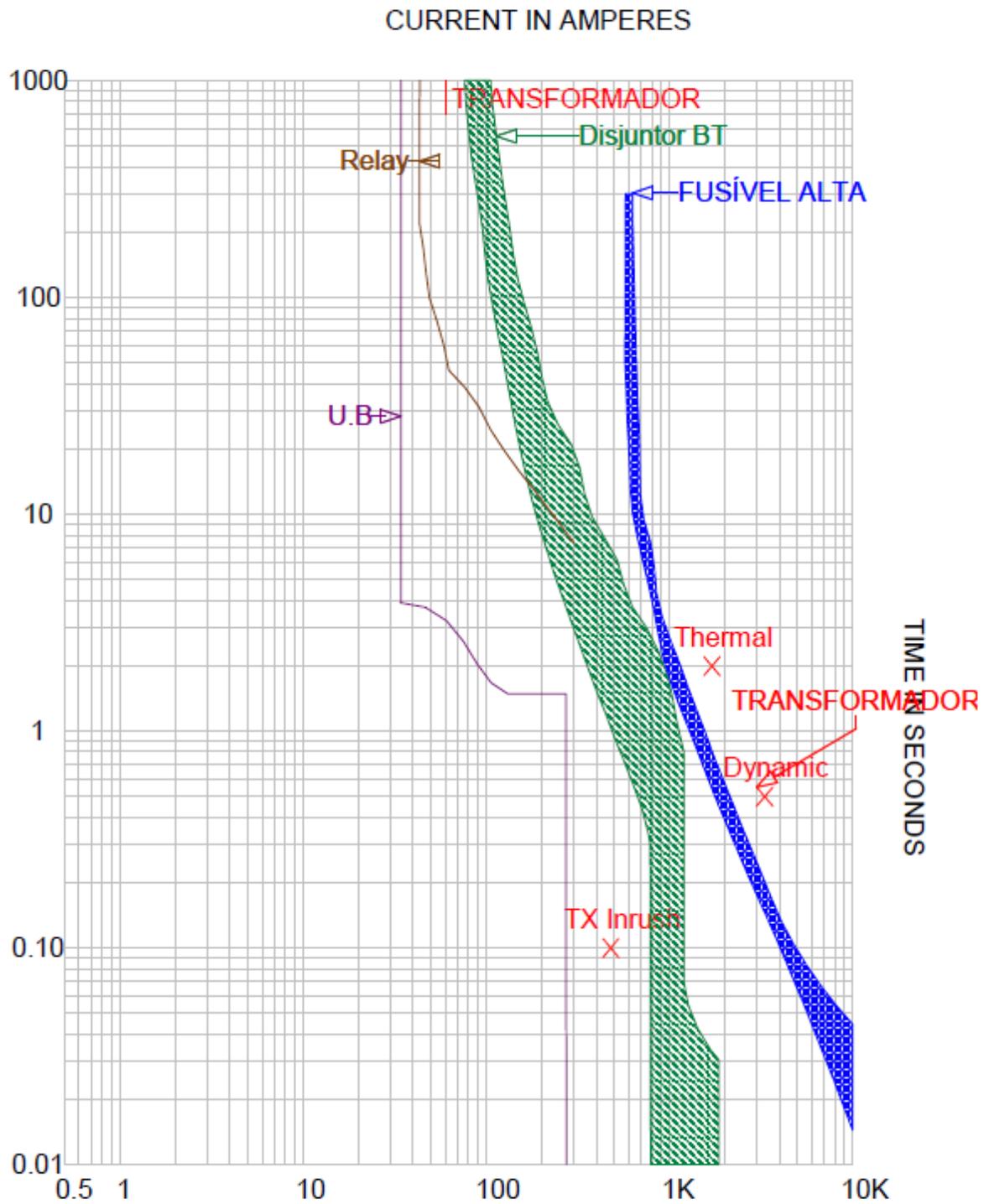
TCC_proposta_EIPA_20cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

ANEXO C.3 – MOTOR 25 CV



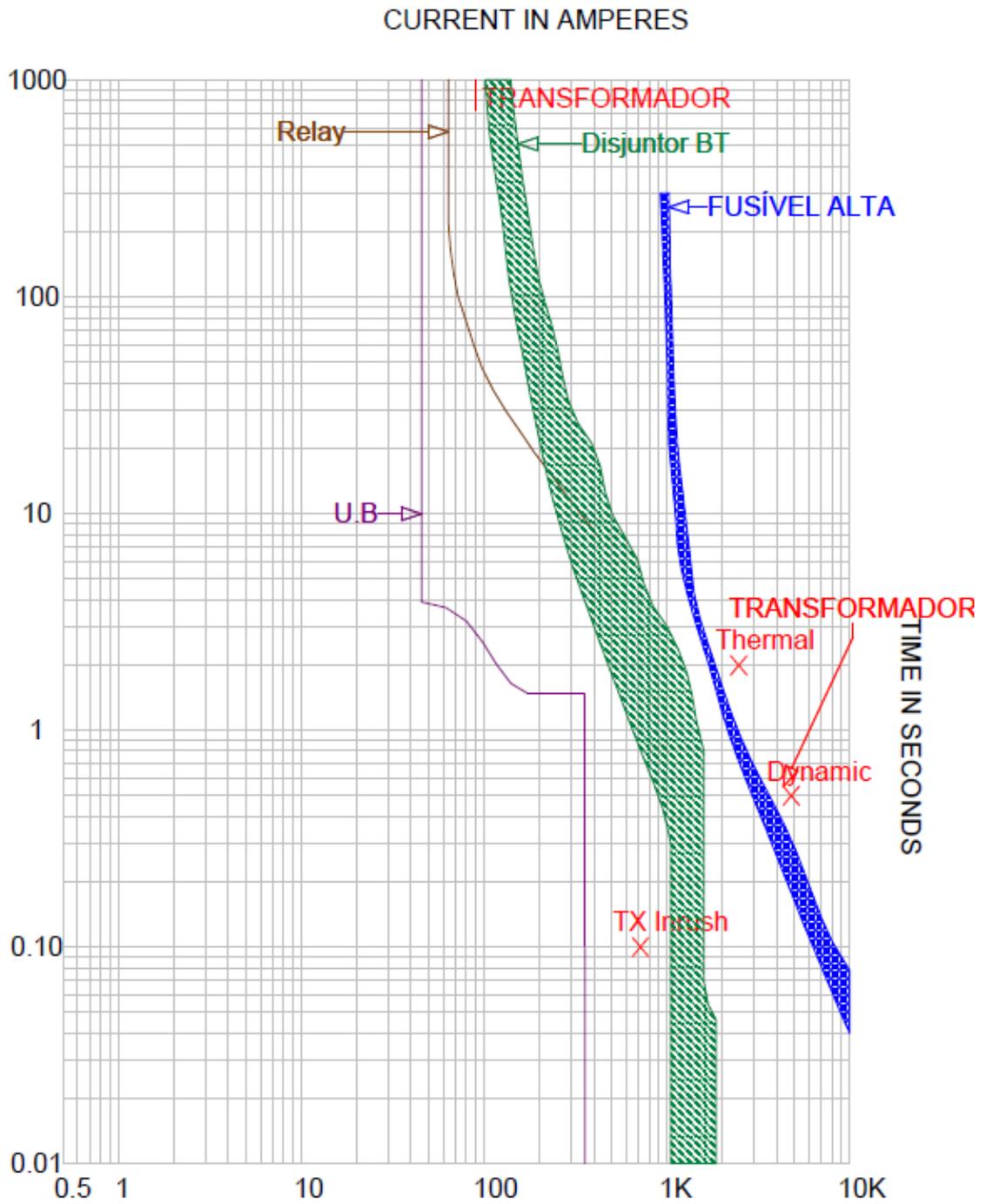
TCC_proposta_EIPA_25cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

ANEXO C.4 – MOTOR 30 CV



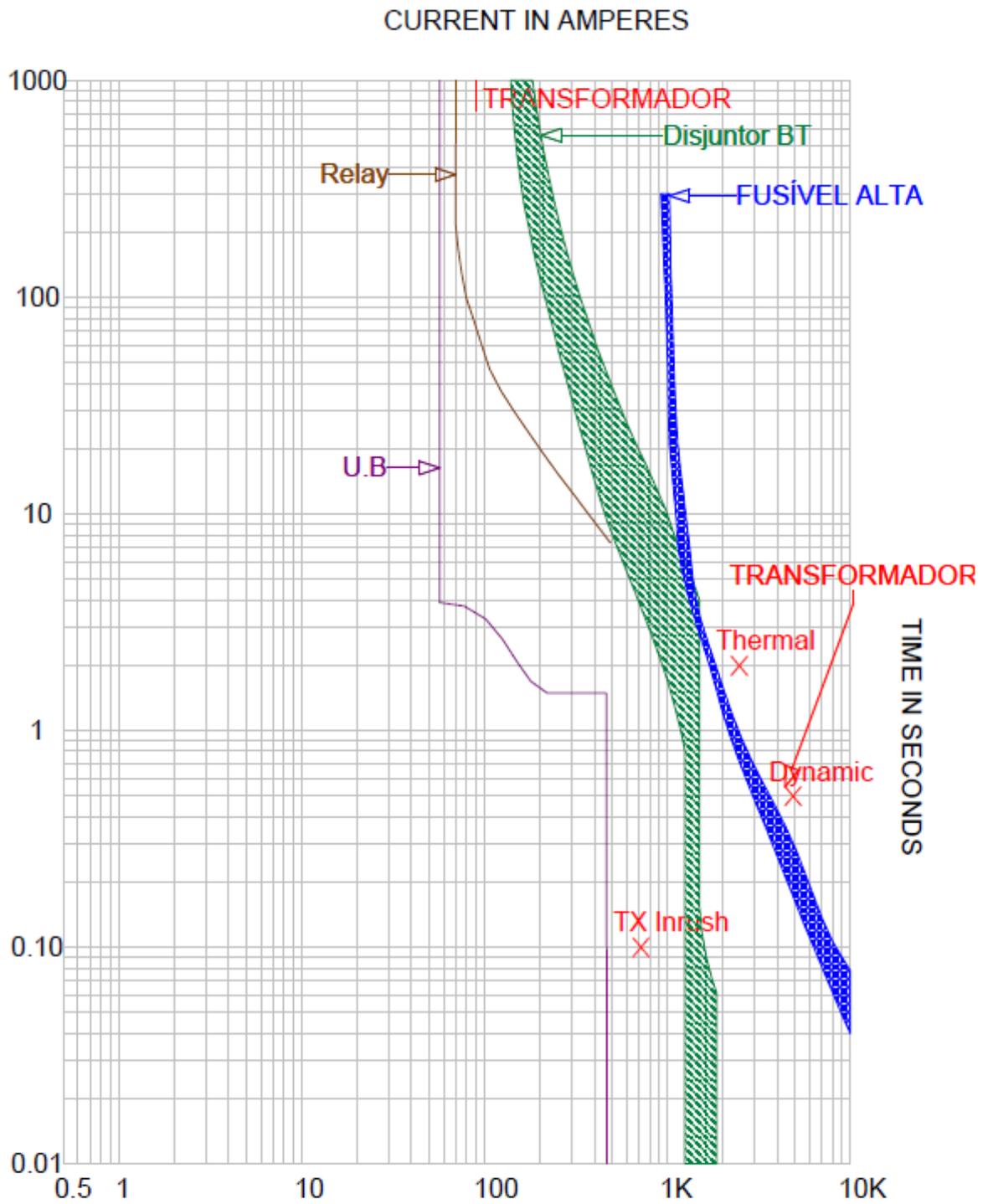
TCC_proposta_EIPA_30cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

ANEXO C.5 – MOTOR 40 CV



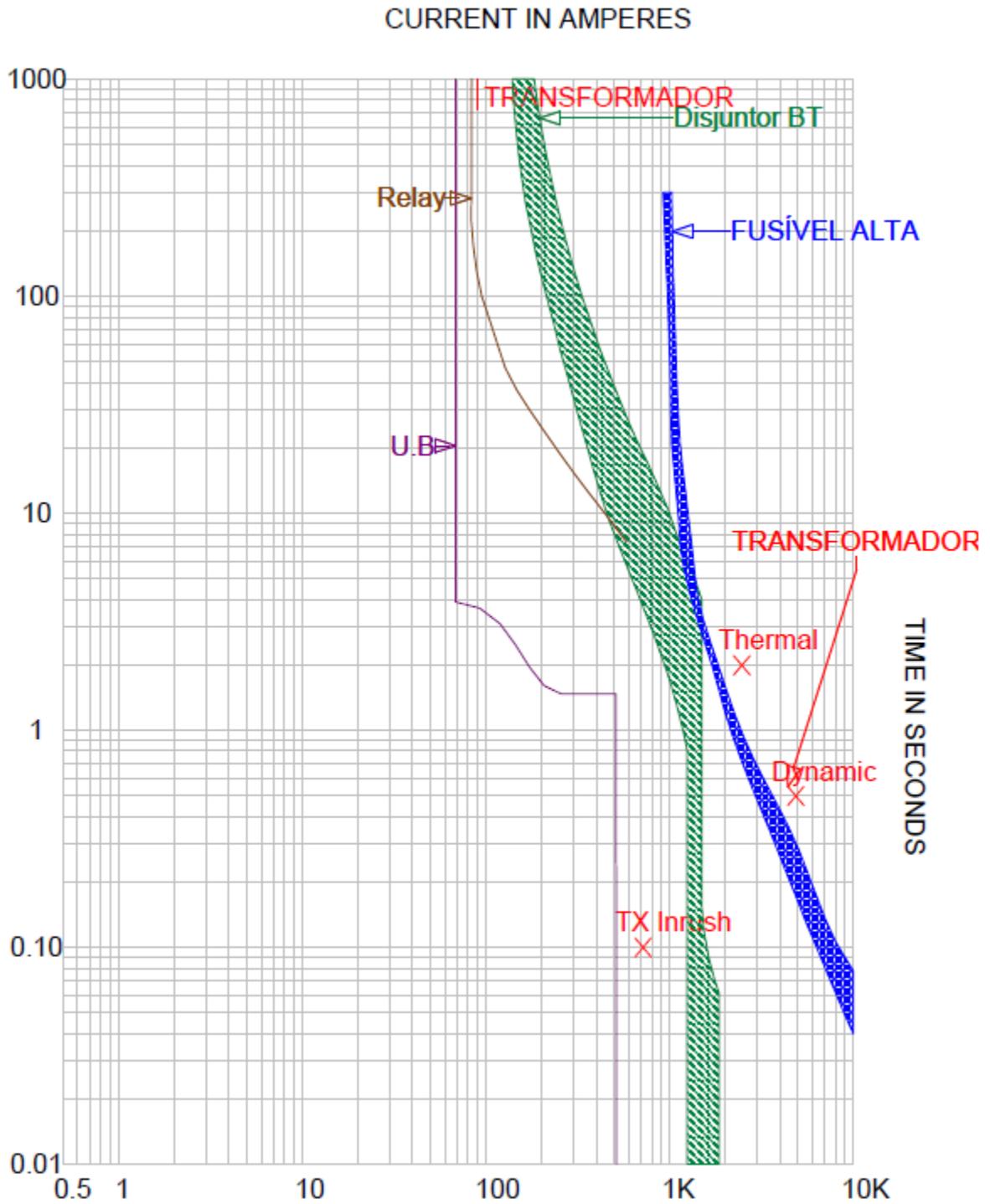
TCC_proposta_EIPA_40cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

ANEXO C.6 – MOTOR 50 CV



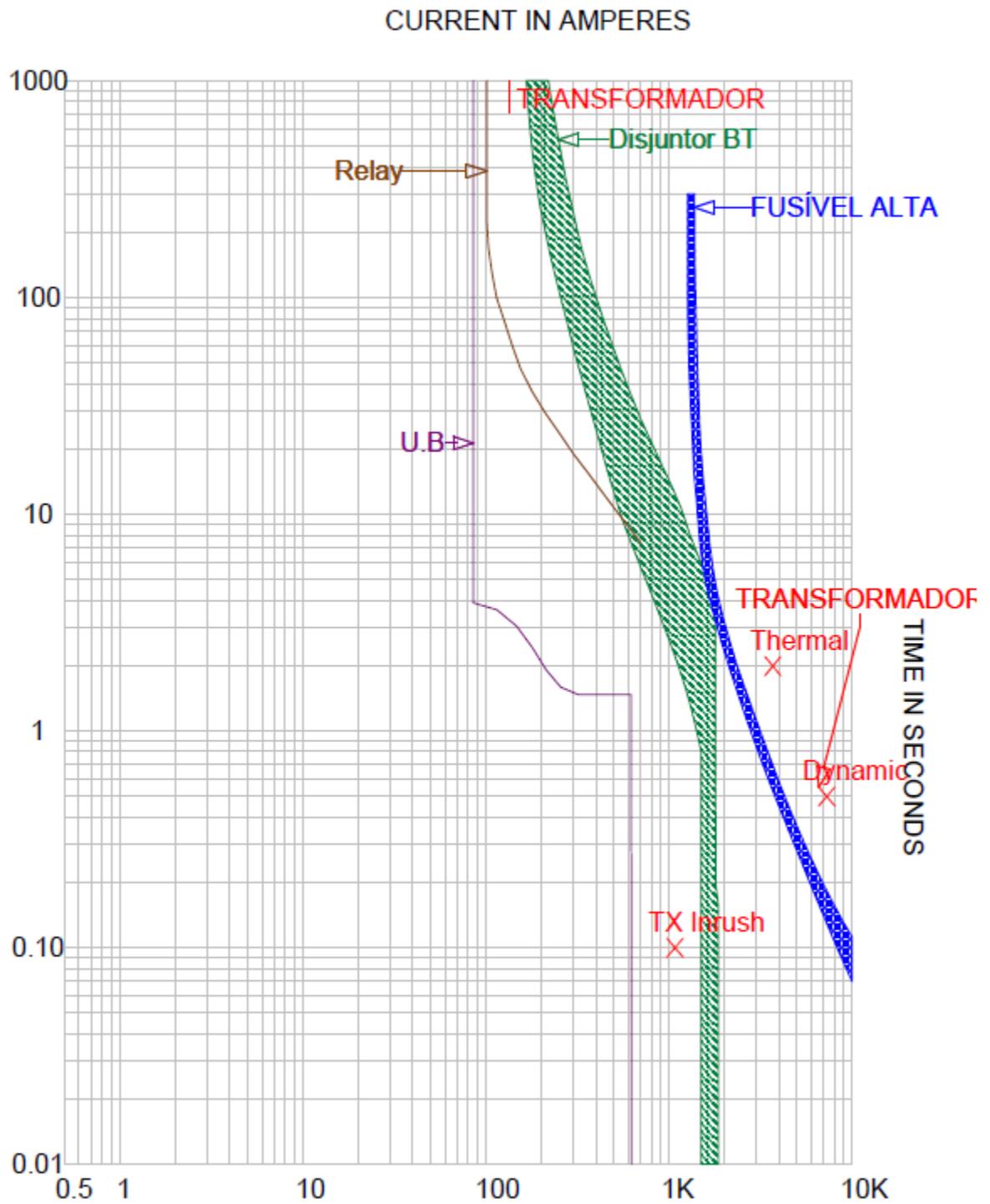
TCC_proposta_EIPA_50cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

ANEXO C.7 – MOTOR 60 CV



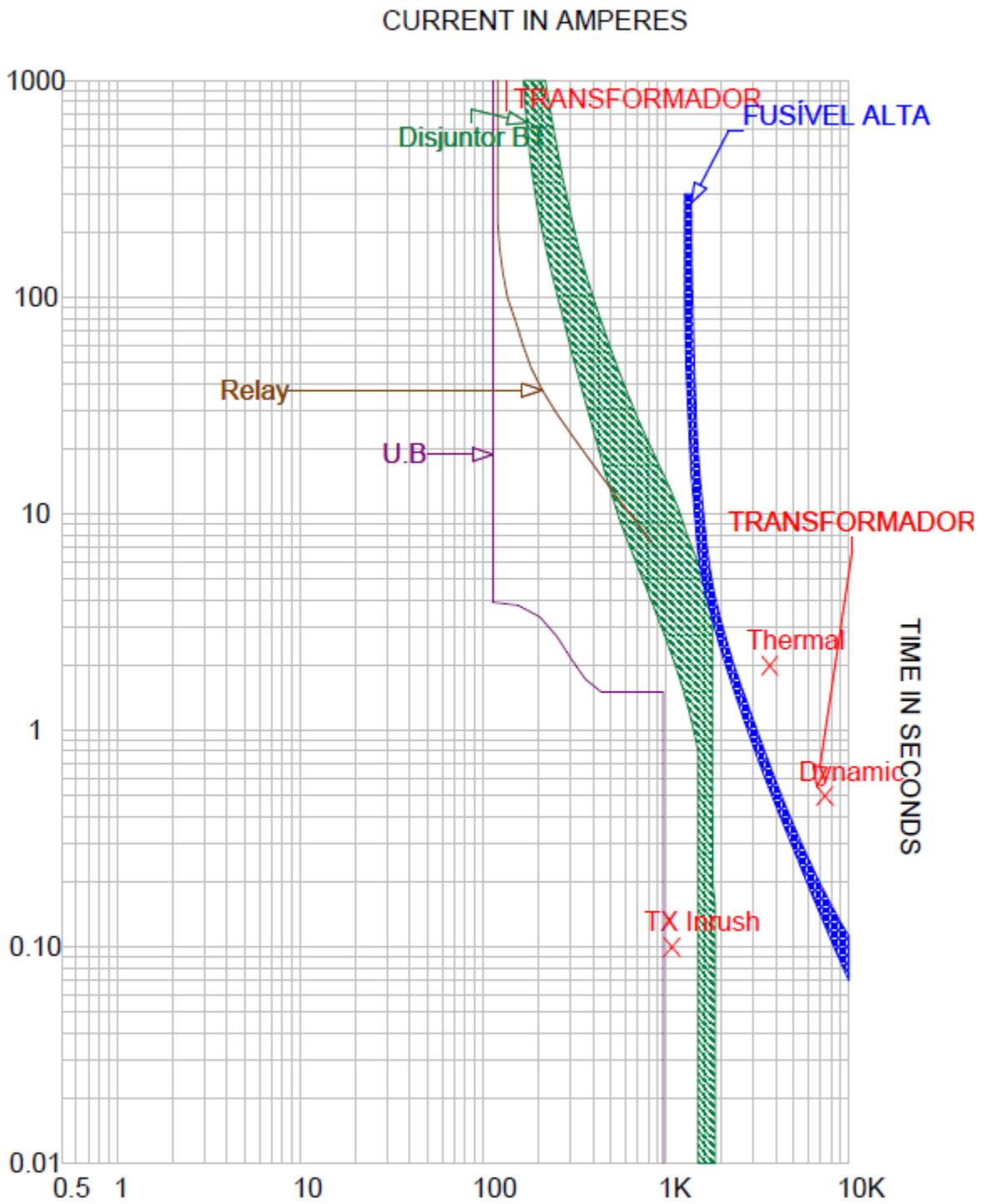
TCC_proposta_EIPA_60cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

ANEXO C.8 – MOTOR 75 CV



TCC_proposta_EIPA_75cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 TC

ANEXO C.9 – MOTOR 100 CV



TCC_proposta_EIPA_100cv.tcc Ref. Voltage: 480 Current in Amps x 1 T