

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA  
ENGENHARIA ELÉTRICA

**CAIO VINICIUS LEAL LIMA**

PARAMETRIZAÇÃO DE PROTEÇÃO SECUNDÁRIA EM SUBESTAÇÃO  
DE MÉDIA TENSÃO DE 13,8 KV: ESTUDO DE CASO DO PRÉDIO DA  
REITORIA DA UEA

Manaus – Amazonas

2020

**CAIO VINICIUS LEAL LIMA**

**PARAMETRIZAÇÃO DE PROTEÇÃO SECUNDÁRIA EM SUBESTAÇÃO  
DE MÉDIA TENSÃO DE 13,8 KV: ESTUDO DE CASO DO PRÉDIO DA  
REITORIA DA UEA**

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentado à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Eng. Weverson dos Santos Cirino, Mestre.

Manaus – Amazonas

2020

**Universidade do Estado do Amazonas – UEA**  
**Escola Superior de Tecnologia - EST**

*Reitor:*

***Cleinaldo de Almeida Costa***

*Vice-Reitor:*

***Cleto Cavalcante de Souza Leal***

*Diretor da Escola Superior de Tecnologia:*

***Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo***

*Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:*

***Israel Gondrés Torné***

*Banca Avaliadora composta por:*

*Data da defesa: 19/10/2020.*

***Prof. M.Sc. Weverson dos Santos Cirino. (Orientador)***

***Prof. M.Sc. Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo.***

***Prof. Dr. Israel Gondres Torné.***

## **CIP – Catalogação na Publicação**

Lima, Caio Vinicius Leal

Parametrização de proteção secundária em subestação de média tensão de 13,8kV:Estudo de caso do prédio da Reitoria da UEA / Caio Vinicius Leal Lima; orientado pelo Professor M.Sc. Weverson dos Santos Cirino – Manaus, 2020.

90 p. : il. (algumas color.).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2020.

1. Subestação. 2. Parametrização. 3. Relé de proteção secundária. 4. Dados. 5. Comparação. I. dos Santos Cirino, Weverson. II. Universidade do Estado do Amazonas. III. Escola Superior de Tecnologia.

CAIO VINICIUS LEAL LIMA

**PARAMETRIZAÇÃO DE PROTEÇÃO SECUNDÁRIA EM  
SUBESTAÇÃO DE MÉDIA TENSÃO DE 13,8 KV: ESTUDO DE CASO  
DO PRÉDIO DA REITORIA DA UEA**

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nota obtida: \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Área de concentração: Subestação

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. M.Sc. Weverson dos Santos Cirino.**  
Orientador

---

**Prof. M.Sc. Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo.**  
Avaliador

---

**Prof. Dr. Israel Gondres Torné**  
Avaliador

Manaus – Amazonas

2020

*Aos meus pais e amigos, por sempre propiciar incentivos e ajudar no decorrer de minha vida, frente as dificuldades. Sem vocês não teria chegado onde me encontro hoje!*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois Ele é o centro de minha vida em quem busco refúgio e forças para manter minha conduta, permitindo-me chegar até aqui e poder concluir mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais, Jefferson e Maria, e aos meus irmãos, por me cobrarem, apoiarem, incentivarem e cuidarem de mim mesmo em tamanhas dificuldades nesta jornada.

Aos meus amigos de outros cursos da faculdade, pessoas que também me ajudaram a crescer não somente como pessoa, mas também profissionalmente, com pequenos gestos de amizade e compartilhamento de experiência de vida.

Ao meu orientador Weverson Cirino, por sua disposição em aceitar este projeto e também deixar a abordagem do tema de maneira mais abrangente e de fácil acesso.

À todo corpo docente da Universidade do Estado do Amazonas, que sempre transmitiram seu saber com muito profissionalismo.

À todos os meus colegas de curso, de trabalho, igreja e vida, pela oportunidade do convívio e pela cooperação mútua nas dificuldades encontrada durante estes anos.

*“O teu passado terá pouca importância. Comparado  
com o futuro maravilhoso que te espera.”*

*(Jó 8:7)*

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso do sistema de proteção secundário, que atualmente encontra-se instalado dentro da subestação de 13,8 kV no prédio da UEA-REITORIA, utilizando conceitos de sistemas de proteção secundária microprocessados. A principal ferramenta utilizada foi o relé microprocessado UPER 6104, que através de parâmetros previamente calculados pode-se realizar a sua programação, estabelecendo assim limites e requisitos para o seu pleno funcionamento, de acordo com normas da concessionária e requisitos técnicos de proteção através de seccionamento em casos de falhas. Aplicou-se os dados anual da conta de energia para o levantamento da potência demandada consumida pelo estabelecimento nos dias atuais (kWh) e estudo de expansão de potência da subestação da UEA-REITORIA, para a obtenção dos valores de curto circuito da concessionária oferecida na alimentação daquele ponto de estabelecimento. Além disso, por meio de um memorial de cálculos, obteve-se novos parâmetros para a programação do relé UPER 6104, bastando a comparação dos dados novos obtidos com os já utilizados pelo relé instalado dentro da subestação, para uma análise técnica quanto ao seu empenho atual e se ainda atende aos requisitos para proteção.

**Palavras-Chave:** 1. Subestação. 2. UPER-6104. 3. Parâmetros. 4. UEA-REITORIA. 5. Proteção.



## ABSTRACT

This paper presents a case study of the secondary protection system, which is currently installed within the 13.8 kV substation of UEA-REITORIA, using concepts of microprocessed secondary protection systems. The main tool used was the microprocessor-based relay UPER 6104, which can be programmed using previously calculated parameters, thus establishing limits and requirements for the full operation of energy in accordance with the concessionaire's rules and also protection through sectioning in cases of failures. Annual energy bill data was applied to survey the demanded power consumed by the establishment today (kWh) and the power study project of the UEA-REITORIA substation, to obtain the short circuit values of the concessionaire offered in that establishment point. In addition, through a calculation report, new parameters were obtained for the programming of the UPER 6104 relay, just comparing the new data obtained with those already installed inside the substation for a technical analysis as to its current performance and whether it still meets protection requirements.

**Keywords:** 1. Substation. 2. UPER-6104. 3. Parameters. 4. UEA-REITORIA. 5. Protection.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Subestação de Rio Grande 2 com capacidade de 50 MVA.....	15
Figura 2 – Sistema de distribuição de energia elétrica. ....	16
Figura 3 – Subestação da Super Terminais de média tensão (13,8kV) e seus cubículos .....	18
Figura 4 – Muflas poliméricas de 15 kV do tipo externo (Super Terminais).....	20
Figura 5 – Chave Seccionadora tripolar 15 kV de 200 A (Super Terminais). ....	21
Figura 6 – Chave Seccionadora tripolar 15 kV de 200 A com acoplamento para fusíveis. ....	22
Figura 7 – Transformadores de corrente de 15 kV com relação 350/ 5 A (TC).....	23
Figura 8 – Transformador de Potencial de 15 kV (TP). ....	24
Figura 9 – Relé de proteção de temperatura Electron EP4 PT 100. ....	24
Figura 10 – Disjuntor de média tensão SIEMENS tripolar a Vácuo 15 kV 1250 A. ....	25
Figura 11 – Relé de proteção secundária PEXTRON URPE 6104. ....	26
Figura 12 – Transformador Trifásico a seco de 500 kVA.....	30
Figura 13 – Transformador trifásico a seco de 112,5 kVA. ....	31
Figura 14 – Transformador de Corrente 10B100 350/5 A. ....	31
Figura 15 – Relé de proteção secundaria PEXTRON UPER 6104. ....	32
Figura 16 – Faturas das contas de energia da UEA-REITORIA de 2018 - 2019. (anexo).....	33
Figura 17 – Valores de curto circuito e Parâmetros do relé da concessionária.....	34
Figura 18 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 1.....	35
Figura 19 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 2.....	35
Figura 20 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 3.....	36
Figura 21 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 4, Curva de proteção de fase. ....	36
Figura 22 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 5.....	37
Figura 23 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 6, Curva de proteção neutro. ....	37
Figura 24 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 7.....	38
Figura 25 – Preenchimento de dados da concessionaria com base na Figura 17. ....	39
Figura 26 – Preenchimento de dados dos transformadores com base nas Figuras 12 e 13. ....	39
Figura 27 – Preenchimento dos dados da obra .....	40
Figura 28 – Retorno dos valores de impedâncias das linhas .....	41
Figura 29 – Valores das correntes da instalação, demandada e desbalanceamento .....	42
Figura 30 – Valores de corrente de curto circuito, magnetização e ANSI .....	44
Figura 31 – Dados de levantamento do transformador de corrente.....	46
Figura 32 – Manual técnico do Relé.....	47

Figura 33 – Dados de parametrização da fase do Relé de proteção .....	49
Figura 34 – Curva de proteção de fase dos relés da UEA–REITORIA e concessionaria .....	51
Figura 35 – Curvas de parametrização, parte 1 .....	52
Figura 36 – Curvas de parametrização, parte 2 .....	52
Figura 37 – Parâmetros de proteção do NEUTRO .....	54
Figura 38 – Curva de proteção do neutro da UEA–REITORIA.....	56
Figura 39 – Ajustes de programação do Relé PEXTRON 6104 .....	57
Figura 40 – Curva de proteção de fase atual da UEA–REITORIA.....	58
Figura 41 - Curva de proteção de neutro atual da UEA–REITORIA.....	58
Figura 42 – Parâmetros encontrados na subestação da UEA- REITORIA .....	59
Figura 43 - Parâmetro de Neutro encontrado na subestação da UEA- REITORIA .....	60

## SUMÁRIO

<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
1.1 SUBESTAÇÃO .....	15
1.2 CLASSIFICAÇÃO DE SUBESTAÇÕES .....	15
<b>1.2.1 Subestação emissora de transmissão</b> .....	16
<b>1.2.2 Subestação Receptora de transmissão</b> .....	16
<b>1.2.3 Subestação de Subtransmissão</b> .....	17
<b>1.2.4 Subestação consumidora</b> .....	17
1.3 SUBESTAÇÕES DE MÉDIA COM ENTRADA DE 13,8 KV .....	17
1.4 COMPONENTES DE PROTEÇÃO .....	18
<b>1.4.1 Muflas</b> .....	19
<b>1.4.2 Chave seccionadora</b> .....	21
<b>1.4.3 Fusíveis</b> .....	21
<b>1.4.4 Transformador de Corrente (TC)</b> .....	22
<b>1.4.5 Transformador de potencial (TP)</b> .....	23
<b>1.4.6 Relé de proteção de temperatura (RPT)</b> .....	24
<b>1.4.7 Disjuntores de média tensão</b> .....	25
1.5 RELÉ DE PROTEÇÃO SECUNDÁRIA .....	25
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	28
2.1 DADOS LEVANTADOS .....	30
<b>2.1.1 Visita técnica</b> .....	30
<b>2.1.2 Potência consumida</b> .....	32
<b>2.1.3 Estudo de viabilidade técnica</b> .....	33
2.2 ELABORAÇÃO DE NOVOS PARÂMETROS .....	34
<b>3 IMPLEMENTAÇÃO DOS PARAMÊTROS</b> .....	38
3.1 DADOS DO PONTO DE INTERLIGAÇÃO. ....	38

3.2 DADOS DOS TRANSFORMADORES DO CLIENTE .....	39
3.3 DADOS DA OBRA OU SERVIÇOS .....	40
3.4 IMPEDÂNCIAS DO SISTEMA .....	40
3.5 DETERMINAÇÃO DAS CORRENTES DO SISTEMA.....	42
3.6 CORRENTES DE CURTO CIRCUITO, MAGNETIZAÇÃO E PONTO ANSI.....	43
3.7 DIMENSIONAMENTO DO TC.....	45
3.8 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE FASE.....	49
3.9 CURVA DE PROTEÇÃO DE FASE.....	50
3.10 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO NEUTRO.....	54
3.11 CURVA DE PROTEÇÃO DE NEUTRO .....	55
3.12 AJUSTES DO RELÉ DE PROTEÇÃO SECUNDÁRIA .....	56
<b>4 RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO A – TABELA DE CONTA DE ENERGIA UEA-REITORIA .....</b>	<b>66</b>

## INTRODUÇÃO

Sabe-se que nos últimos anos a sobrecarga de transformadores de distribuição e a irregularidade de proteções em subestações têm se tornado um problema que vem causando muita preocupação no que diz respeito ao seu uso, estando esses efeitos sempre presente em vias públicas, em residências e prédios comerciais, e que deveriam ser averiguados pela concessionária. Muitos lugares já tem enfrentado grandes crises de sobrecarga, o que faz com que cada vez mais sejam desenvolvidos novos meios de automatização da proteção de instalações elétricas, buscando de forma mais eficiente, mitigar os riscos expostos dentro de prédios ou em vias públicas.

As subestações de rebaixamento de media tensão são responsáveis por reduzir a energia oriunda das subestações de distribuição (concessionária) a uma energia aproveitável ao uso adequado da instalação presente (baixa tensão). Apresentando vários compartimentos divididos, denominado de cubículo, onde cada um possui sua função específica e apresentam equipamentos essenciais para o correto dimensionamento e funcionamento segundo as normas regulamentadoras brasileiras e regionais, no que diz respeito, ao serviço de distribuição de energia. De acordo com Ragtech (2018), com a ascensão de novas tecnologias, as instalações estão mais susceptíveis a vulnerabilidade de sobrecargas e curto circuito que são os maiores ocasionadores de acidentes a instalações elétricas devido à má adequação.

Com o evoluir da tecnologia, sistemas de proteções de energia, antes robustos e caros, foram substituídos por sistemas microprocessados inteligentes, conhecidos como relés digitais. Estes componentes visam realizar a leitura em tempo real do sistema de entrada de energia dentro da subestação, oferecendo segurança quanto a sobrecargas e curto circuito presente dentro da instalação.

Devido ao fato de se tratar de um prédio antigo, o aumento de cargas instaladas no prédio da Reitoria da UEA no decorrer dos anos ocasionou um aumento do consumo de potência. Este acréscimo de potência consumida pode trazer consequências desastrosas para toda a instalação elétrica interna do prédio, pois os parâmetros de proteção calculados anteriormente podem estar defasados em comparação ao quadro hoje estabelecido de consumo de energia elétrica e não atuando no quesito segurança que tem de trazer aos funcionários e frequentadores do estabelecimento.

Esta pesquisa apresentará como obter os dados técnicos essenciais para dar início ao estudo de proteção secundária, como manipular estes valores, os tipos de correntes e seus limites, funções exigidas pela concessionária, como implementar estes valores dentro da

ferramenta EXCEL, análises de curvas de proteção através de gráficos, memoriais de cálculos, impedâncias do sistema, dimensionamento de equipamentos de proteção e possíveis contestações quantos aos valores obtidos junto de observações a serem tomadas e corrigidas.

O propósito desse trabalho é desenvolver a parametrização da subestação encontrada no prédio da UEA-Reitoria, levando em consideração os dados atuais provenientes de sua instalação no atual momento da elaboração desta monografia, além de analisar a sua demanda de energia e seu valor de curto circuito de distribuição fornecido pela concessionária. Outra circunstância que motiva o desenvolvimento deste projeto é comparar os dados atuais utilizados com os dados levantados e calculados, para verificar possíveis divergências na parametrização de proteção da instalação, mediante ao aumento da demanda de potência no decorrer dos anos, tomando como base os dados já presentes na programação atual.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 SUBESTAÇÃO

Subestação é um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos destinados a modificar as características da energia elétrica (tensão e corrente), permitindo a sua distribuição aos pontos de consumo em níveis adequados de utilização (MONTENEGRO, 2016). A Figura 1 mostra um exemplo de uma subestação localizada no litoral do Rio Grande do Sul.

Figura 1 – Subestação de Rio Grande 2 com capacidade de 50 MVA.



Fonte: Grupo Vision (2019).

### 1.2 CLASSIFICAÇÃO DE SUBESTAÇÕES

Além de realizar o trabalho de adequamento de energia, são também responsáveis pela administração de sua distribuição, compreendendo um sistema de proteção bastante robusto para adequação de sua funcionalidade, modificando os valores a serem utilizados quanto a corrente e tensão e trazendo com isso um equilíbrio ao conjunto de potência resultante da presença de cargas reativas. As subestações também realizam uma diversidade de rotas em sua distribuição, para casos de interrupção ou uma possível combinação entre sistemas elétricos de potência para atender uma urgência.

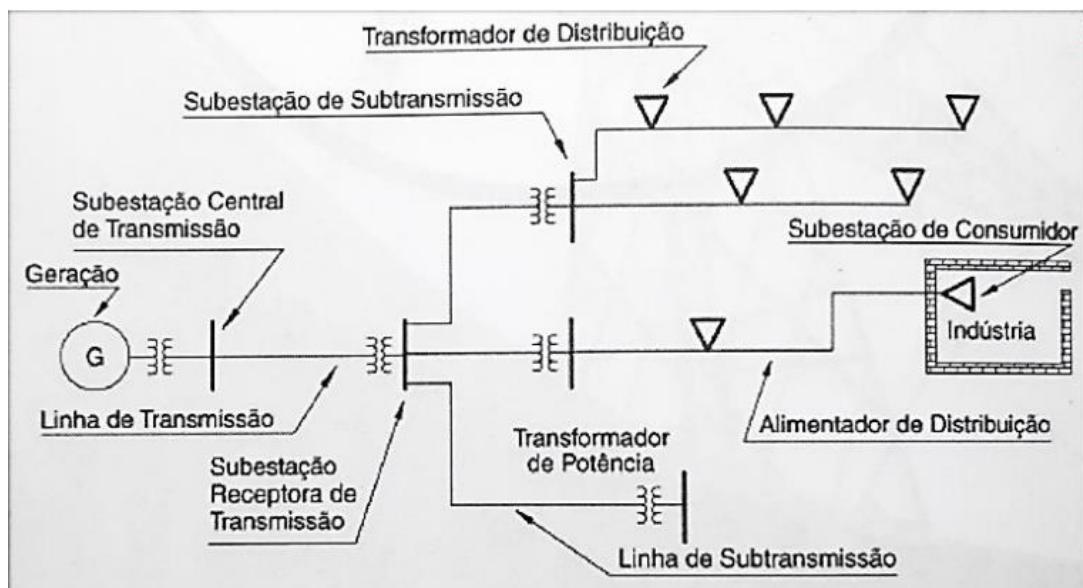
Atualmente o sistema de distribuição são quilométricos e bastante complexos, o que exige uma grande bifurcação dentro deste conjunto, atribuindo diversas funções específicas durante o percurso e exigindo a contribuição de cada uma para a plena funcionalidade. Quando



mencionado a energia elétrica apenas é conhecida a apresentada dentro de residências por tratar do fim do percurso de consumo, pois muitos não sabem o quão trabalhoso é exigido para adequar esta energia e quantas subestações são necessárias para a distribuição.

As subestações quanto a sua tensão e função se classificam em quatro tipos principais: subestação emissora de transmissão, subestação Receptora de transmissão, subestação de distribuição e subestação consumidora. A Figura 2 mostra um exemplo de um sistema de distribuição de energia elétrica.

Figura 2 – Sistema de distribuição de energia elétrica.



Fonte: Altoé (2013).

### 1.2.1 Subestação emissora de transmissão

São as subestações mais próximas ao fornecimento de energia. Contêm transformadores elevatórios para a amplificação da energia ao fornecer a rede, em consequência disso diminuem a corrente, alcançando assim a transmissão de energia elétrica com menores perdas e com seções de cabeamento menores.

### 1.2.2 Subestação Receptora de transmissão

São as subestações devidamente instaladas entre o fornecimento e a distribuição de energia elétrica. Mantem o mesmo valor da tensão elétrica embutida e são empregadas apenas

para o seccionamento de circuitos, isolar sistemas e conectar outras subestações de distribuição com a subestação central de transmissão.

### **1.2.3 Subestação de Subtransmissão**

São as subestações instaladas próximo ao centro de consumo de energia elétrica. Contém transformadores abaixadores para a diminuição da energia elétrica, assim adequando a energia para a sua distribuição em vias públicas através de postes e alcançar os transformadores de distribuição ou subestações consumidoras.

### **1.2.4 Subestação consumidora**

São as subestações usualmente encontrada dentro de prédios, postes ou até mesmo em residências, possuem transformadores abaixadores para diminuir a tensão ao ponto de deixá-la ao nível adequado de uso dentro das propriedades residências ou comerciais. Este tipo de subestação será o principal ponto de ignição do estudo de proteção e seus componentes.

## **1.3 SUBESTAÇÕES DE MÉDIA COM ENTRADA DE 13,8 KV**

Segundo a própria Manaus Energia (2014, p. 10) na norma NDE-01, somente poderá ocorrer o fornecimento de energia em média caso atenda estes dois requisitos:

- a) caso as cargas instaladas ultrapassem o valor de 75 kW e a demanda a ser contratada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW;
- b) cargas especiais que a distribuidora julgar conveniente não serem ligadas em tensão secundária para evitar perturbações no seu sistema e, conseqüentemente, prejudicar a qualidade do fornecimento de energia elétrica para os demais consumidores.

Além de estabelecer estes requisitos e tendo um padrão de entrada estabelecido, estes tipos de subestações têm de atender respectivos padrões de construção dentro de sua instalação (NBR 14039, 2014), a subdivisão de sua área em pequenos cubículos, onde cada um terá um tamanho e função designada quanto seu funcionamento para que assim possa trazer parâmetros para a funcionalidade de uma subestação de energia. Observando a Figura 3 pode-se ver o interior de uma subestação de média tensão com os seus respectivos cubículos.

Figura 3 – Subestação da Super Terminais de média tensão (13,8kV) e seus cubículos



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3, vemos o tipo de estrutura mais utilizada em instalações de edifícios onde exigem potência para consumo maior, devido a isso, necessitam de uma subestação do tipo abrigada para atender seu fornecimento de entrada de energia. Apresentando cubículo de entrada para realizar a entrega dos cabos oriundo do poste, possuem também o cubículo de proteção, que dependendo do projeto pode ser um espaço totalmente dedicado a esta função ou ocorrer uma associação do mesmo ao de entrada ou ao de proteção, que é destinado ao controle do disjuntor e seu disparo, de acordo com os parâmetros pré-estabelecidos. Por fim, o cubículo de transformação é responsável pela adequação de energia quanto ao requisitado pela propriedade e também pela ramificação de distribuição aos demais quadros de forças ou um quadro geral de distribuição em baixa tensão (QGBT).

#### 1.4 COMPONENTES DE PROTEÇÃO

Quando abordado este tema sobre proteção, não há uma definição exata, como dispositivos para efetuar seccionamento de circuito ou como componente para fugas de

correntes durante falha do sistema. Pois existem diversos tipos de equipamento para a proteção de forma direta e indireta, tais como disjuntores eletromagnéticos, disjuntores termomagnéticos, dispositivos diferenciais residuais (DR) e etc.

Devido à grande variedade de equipamentos e suas funções específicas, os componentes de proteção elétrica tendem a ser divididos em categorias quanto à área de sua aplicação, podendo ser a simples proteção de uma residência quanto a de um grande motor gerador de energia. Com o passar dos anos a tecnologia neste campo de conhecimento trouxe grandes avanços, sempre buscando a cada dia ampliar conceitos de proteção elétrica, substituindo equipamentos e dispositivos mecânicos, que por sua vez possuem várias variáveis de imprecisão e ajuste, por um novo conceito de maior dispositivos com maior precisão, automatizando parâmetros pré-estabelecidos.

Atualmente grandes empresas do ramo de proteção como SCHNEIDER e WEG vêm trazendo soluções automatizadas para proteções, desde seus disjuntores mecânicos a seus automatizados, que mesmo oferecendo a mesma proteção, possuem sistemas embarcados instalados ao mesmo e com isso trazendo infinitudes de soluções para diversos problemas. Muitos componentes estão sendo substituído por equipamentos de linha inteligente, o que dentro da subestação também não muda como será visto mais a frente, no caso os relés inteligentes e seus parâmetros de programação de proteção para uma subestação.

Os componentes a serem abordados a seguir são todos de extrema importância para pleno funcionamento de uma subestação como: muflas, chave seccionadora, fusíveis, transformador de corrente, transformador de potência, relé de temperatura, disjuntor de média tensão e relé de proteção secundária.

#### **1.4.1 Muflas**

Segundo Siqueira (2018), as muflas elétricas são utilizadas em terminais de cabos para a conexão entre cabos, um equipamento ou um barramento elétrico, portanto são utilizadas para fazer a interligação entre condutores e ligação final de energia, mesmo sendo de qualquer tipo de tensão, baixa, média ou alta. A Figura 4 traz um exemplo de muflas utilizadas em uma subestação.

Figura 4 – Muflas poliméricas de 15 kV do tipo externo (Super Terminais).



Fonte: Próprio autor.

Existem dois tipos de muflas, a externa e a interna, ambas possuem a mesma função, porém são de custos altamente divergentes, diferindo quanto a resistência, fatores climáticos e aplicação. Atualmente as concessionárias em seu abastecimento de energia utilizam quatro entradas de cabos com o acoplamento de muflas do tipo externo aos condutores para a alimentação da entrada oriunda do poste, onde bastam apenas três cabos de alimentação para suprir a energia na entrada do sistema na subestação, deixando um cabo reserva para casos de problemas da perda de cabos por curto, rompimento ou queima de muflas. Muflas externas são bastante utilizadas na entrada de alimentação pública, pois estão sujeitas a infinitas possibilidades de lesões ou danificação, por estarem exposta a condições físicas de transições climáticas, riscos físicos indiretos e umidade, podendo afetar a condução de cabos, enquanto isso, a do tipo interno será encontrada no fim do percurso da entrada de energia, fazendo a transição entre seus condutores finais, além de evitar a umidade oriunda do poste para a má condução de energia.

### 1.4.2 Chave seccionadora

Conforme o *site* Manutenção e Suprimentos (2018), as chaves seccionadoras são dispositivos capazes de realizar seccionamento de circuitos para a interrupção de energia elétrica de um ou vários grupos de sistemas elétricos. A Figura 5, a seguir, mostra um exemplo de uma chave seccionadora de média tensão utilizada em subestação.

Figura 5 – Chave Seccionadora tripolar 15 kV de 200 A (Super Terminais).



Fonte: Próprio autor.

São os principais dispositivos mecânicos dentro de uma subestação, utilizados para interrupção de operação direta por uma pessoa em caso de falhas ou para a realização de manutenção, sendo esta segunda opção a mais utilizada. Antes de aplicar as chaves, ocorriam muitos acidentes em manutenções, pois a falta de sinalização e comunicação acarretavam no religamento de energia e por conseqüente resultando em séries de acidentes, que poderiam ser evitados.

### 1.4.3 Fusíveis

De acordo com o Mundo da Elétrica (2019), são dispositivos formados por uma base isolante, onde dentro de seus recipientes possuem um condutor de secção extremamente precisa

quanto a sua passagem de corrente para quando ocorrer à falha o valor ultrapassado do nominal venha a danificar este condutor e assim desconectando o circuito. A Figura 6 mostra um exemplo de chave seccionadora com fusíveis.

Figura 6 – Chave Seccionadora tripolar 15 kV de 200 A com acoplamento para fusíveis.



Fonte: Via Porto (2019).

O tipo de fusível mais utilizado dentro de subestações é do tipo NH, pois fornece a proteção contra curtos-circuitos e sobrecarga, além de possuírem uma grande variedade de valores de precisão na hora de escolher sua corrente nominal, além de possuir uma vasta suportabilidade para valores de curto-circuito muito elevados.

#### **1.4.4 Transformador de Corrente (TC)**

Com base no abordado no Mundo da Elétrica (2019), transformador de corrente é um dispositivo que facilita a medição e proteção do circuito para que o mesmo opere de maneira adequada e segura, provendo de um rebaixamento de uma alta corrente nominal do circuito para uma adequada ao funcionamento do dispositivo de proteção. A seguir, a Figura 7 mostra um exemplo de um transformador de corrente (TC).

Figura 7 – Transformadores de corrente de 15 kV com relação 350/ 5 A (TC).



Fonte: Próprio autor.

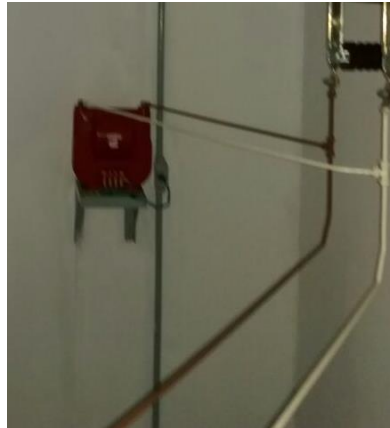
Quando não há a existência de cubículos de medição próprios, muitos projetistas elaboram a medição de corrente e tensão dentro do cubículo do disjuntor, agregando os transformadores a carcaça do mesmo e facilitando a passagem direta para seu relé de proteção.

#### **1.4.5 Transformador de potencial (TP)**

Conforme o site técnico Instrumenti (2018), transformadores de potencial são dispositivos destinados a realizar a medição da tensão da energia elétrica, sendo aplicado ao sistema de tensão nominal do circuito de alta tensão com o objetivo de reduzir este valor ao nível adequado de funcionamento do dispositivo de proteção. A Figura 8 mostra um exemplo de um transformador de potencial (TP).



Figura 8 – Transformador de Potencial de 15 kV (TP).



Fonte: Próprio autor.

Neste caso como o verificado da Figura 8, foi aplicado apenas um transformador para a verificação da tensão entre apenas 2 fases o que não é o ideal para a segurança, podendo ocorrer falha na terceira fase sem que passe pelo sistema de proteção.

#### 1.4.6 Relé de proteção de temperatura (RPT)

Segundo o *site* da própria desenvolvedora do equipamento Electron (2018), são dispositivos contidos de um sistema de telemetria para monitoramento não somente de transformadores, mas de dispositivos ou sistemas que exijam uma precisão a temperatura de funcionamento dos equipamentos. Um exemplo de RPT é mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Relé de proteção de temperatura Electron EP4 PT 100.



Fonte: Electron (2018).

O equipamento disponibiliza de três canais de entrada para a entrada dos sensores, geralmente um para cada bobina dos transformadores, além de disponibilizar canal para acionamento de alarme no caso de falhas ou má operação, ventilação para resfriamento, modo via internet, e canal de TRIP com temporização para desligamento de disjuntores.

#### 1.4.7 Disjuntores de média tensão

Com base no *site* da ATS Elétrica (2019), são dispositivos utilizados para o bloqueio de energia elétrica em casos em que a corrente venha a ultrapassar o valor estipulado da nominal do disjuntor ou uma carga elétrica superior. A seguir na Figura 10 é mostrado um exemplo de um disjuntor de média tensão.

Figura 10 – Disjuntor de média tensão SIEMENS tripolar a Vácuo 15 kV 1250 A.



Fonte: Próprio autor.

Muitos dos atuais sistemas de energia já disponibilizam disjuntores instalados juntos de seus relés de proteção secundária, como no caso da Figura 10, além de ganhar espaço dentro da própria subestação facilita o processo de calibração do dispositivo para o padrão da subestação de acordo com seus valores de trabalho e nominais.

#### 1.5 RELÉ DE PROTEÇÃO SECUNDÁRIA

Conforme abordado por Kinderman (2018), relé de proteção secundária são equipamentos com o objetivo de realizar a medição da tensão, corrente, frequência e qualquer

tipo de grandeza que venha a ser adotada dentro de sua função operacional, por meio de transformadores de instrumentação que enviam sinais aos disjuntores para retirada de operação de um equipamento ou sistema elétrico, em caso de operação fora dos parâmetros especificados. A seguir, é mostrado um exemplo de um relé de proteção secundária na Figura 11.

Figura 11 – Relé de proteção secundária PEXTRON URPE 6104.



Fonte: Próprio autor.

O relé a ser trabalhado será da fabricante PEXTRON do modelo URPE 6104 A, dispositivo predominante na região do Amazonas por ser um item bastante acessível em questões de valor em relação a outros de empresas de maior nome, como por exemplo WEG e SCHNEIDER, além de ser vendido diretamente na B.A elétrica, uma das principais loja de materiais elétricos da região.

Os relés deverão atender à NDE-01 e ter no mínimo as seguintes características: Função 50: proteção de sobrecorrente instantânea, em casos onde a corrente de curto-circuito ultrapasse o valor pré-determinado em sua programação; Função 51: proteção de sobrecorrente temporizada, para esse requisito deve ser determinado um intervalo de tempo para o transformador exceder seu limite de carga sem prejudicar o fornecimento de energia. Tanto a função 50 como a 51 estão disponíveis para fase e neutro(terra); assim, é exigido pela distribuidora que o relé execute as funções 50/51 e 50N/51N. Caso venha a acrescentar demais funções, o seu valor pode chegar ao dobro(MANAUS ENERGIA, 2014).

Este dispositivo é o principal componente deste estudo, pois será realizado o levantamento de seus novos parâmetros para a comparação com os dados atuais programados. Os dados a serem levantados serão acerca do transformador de potência, transformador de corrente, levantamento de curto circuito e sua fórmula para o lado da baixa tensão, corrente de magnetização (INRUSH), corrente de American National Organization of standardization (ANSI), corrente nominal total, corrente demandada total, cálculos de impedâncias de componentes e curvas de seletividade de tempo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto aqui exposto é um estudo de proteção com o levantamento de novos parâmetros que melhor atendam o prédio da Reitoria da UEA, com base em sua potência demandada atual, levando em conta o aumento dessa potência devido ao aumento de equipamentos dentro da instalação. Os procedimentos adotados foram levantamento bibliográfico, análise de exemplos que facilitem a compreensão e estudo de escolhas de parâmetros. Quanto a abordagem, utilizou-se o método hipotético dedutivo e quanto ao procedimento utilizou-se o método monográfico. O levantamento dos dados deu-se por documentação direta e a análise e interpretação dos mesmos foram qualitativa e de caráter global.

As pesquisas bibliográficas foram levantadas em diversas áreas, de livros à respeito dos componentes de medição, condutores e relé de proteção secundária, à sites especializados dentro do assunto, além de artigos acadêmicos de estudos na área e um curso de proteção e parametrização de relés de proteção secundária para subestações de média tensão.

Para a inicialização do estudo foi necessário realizar o levantamento técnico dos componentes habitados dentro da subestação da UEA-REITORIA, Através de uma visita técnica agendada com os próprios funcionários responsáveis, obtiveram-se os dados a respeito dos transformadores de força, transformadores de corrente, transformadores de potência e valores dos parâmetros programados no relé de proteção UPER 6104. Vale ressaltar que este procedimento é apenas um dentre três essenciais para o levantamento do estudo técnico.

Com os dados técnicos a respeito dos componentes, o segundo procedimento foi a obtenção da potência consumida mensal (kWh) de energia do prédio da UEA-REITORIA, onde houve contato através de email com responsáveis administrativos, assim sendo possível obter várias contas anteriores de energia do prédio. Devido a disponibilidade da quantidade de energia desde 2018 até 2019, foi possível obter uma maior confiabilidade quanto as variâncias de sua potência de energia em um decorrer de um ano.

E por fim com os demais dados obtidos, bastava apenas entrar em contato com um responsável técnico pelo prédio da UEA-REITORIA, para o preenchimento da carta de estudo de viabilidade técnica do estabelecimento, onde consistia no preenchimento de dados técnicos a respeito da instalação elétrica, para assim obter os valores das correntes de curto circuito no ponto de alimentação da entrada de energia. Como ocorreu uma expansão de potência do estabelecimento em 2013, o projeto de expansão da subestação já serviria para

obtenção destes dados pois, para ocorrer este tipo de serviço, é essencial ter conhecimento sobre os dados referente ao ponto de energia fornecido da concessionária e também pelo fato de ser uma expansão recente, ou seja, os dados ainda são consistentes pois estão dentro de uma margem de 10 anos, resultando na sua viabilidade para o ano de 2020.

Para a implementação dos estudos e cálculos do projeto, foi utilizada o *software* Excel, que foi convenientemente escolhido pois quando são elaborados serviços nesta categoria, a própria concessionaria envia um formulário em Excel para preenchimento de dados da instalação em questão (depois de ser realizado os 3 passos anteriores), para então ser feito o estudo e a verificação técnica quanto a confiabilidade dos valores encontrados e se realmente vai oferecer proteção ao sistema da instalação e não prejudicar o fornecimento de energia através de interrupções para outros estabelecimentos. Ao fim do preenchimento deste formulário, obteve-se os dados de programação do relé de proteção secundária para a instalação elétrica da UEA-REITORIA e a sequência para ser preenchida conforme a tela demonstrativa do relé.

Além da tabela do Excel, foi elaborado um memorial de cálculos do levantamento dos dados e o manuseio dos valores para a obtenção da impedância do sistema para cada transformador, assim como a corrente de curto-circuito no secundário do transformador, corrente demandada pelo sistema, corrente de desbalanceamento, corrente de magnetização, corrente ANSI, o dimensionamento de transformador de corrente e ajuste de curvas de proteção para o sistema. Com todos os dados levantados, foi possível realizar a inspeção técnica quanto ao questionamento se o sistema de proteção instalado em 2020 ainda atende ao programado.

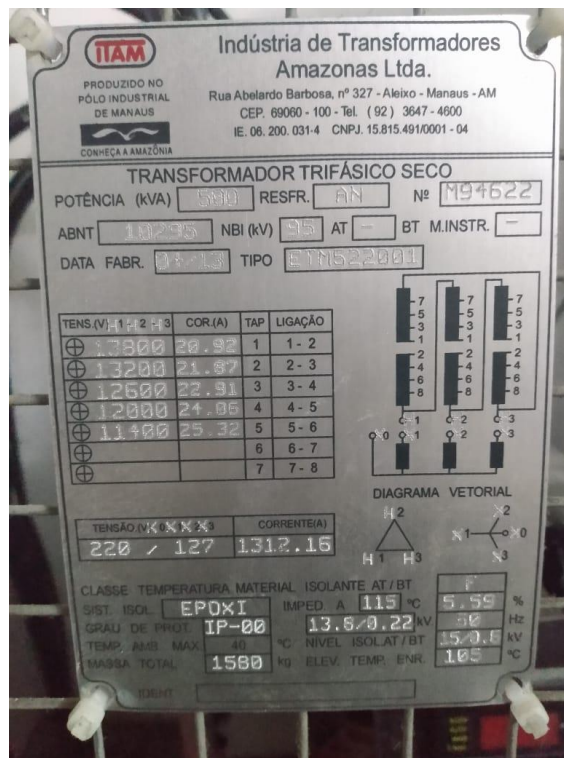
## 2.1 DADOS LEVANTADOS

A seguir será apresentada a maneira de como foi realizado o levantamento de cada dado essencial para estipular a nova parametrização.

### 2.1.1 Visita técnica

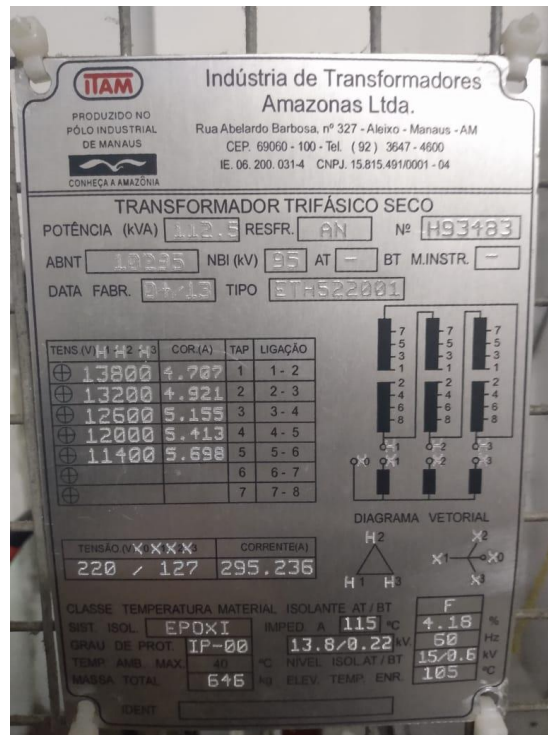
O primeiro passo realizado foi o levantamento técnico da subestação da UEA-REITORIA, como não se tinha conhecimento da situação de ocupação da subestação e nem sobre os equipamentos, foi necessário ser agendado um dia para adentrar dentro da cabine primária para ser realizada uma análise técnica dos equipamentos quanto aos modelos e fabricantes utilizados na instalação, além de uma inspeção visual quanto a situação estrutural da subestação e verificação quanto aos valores dimensionados para o relé de proteção secundária e seus equipamentos auxiliares no funcionamento do sistema. Nas Figuras 12, 13, 14 e 15 seguem os dados dos equipamentos obtidos.

Figura 12 – Transformador Trifásico a seco de 500 kVA.



Fonte: Próprio autor.

Figura 13 – Transformador trifásico a seco de 112,5 kVA.



Fonte: Próprio autor.

Figura 14 – Transformador de Corrente 10B100 350/5 A.



Fonte: Próprio autor.



Figura 15 – Relé de proteção secundária PEXTRON UPER 6104.



Fonte: Próprio autor.

Através desta visita obteve-se conhecimento sobre a situação ocupacional da UEA-REITORIA e de seus equipamentos instalados dentro de sua cabine primária, além dos dados técnicos de seus equipamentos como vistos nas Figuras 12, 13, 14 e 15 acima, mas ainda assim alguns dados em relação ao consumo e corrente de curto circuito estavam ausentes.

### 2.1.2 Potência consumida

Para maior precisão do estudo, ao invés de fazer um levantamento de carga para a estipulação de um valor de consumo de energia da UEA-REITORIA, onde seria necessário adentrar todos os compartimentos do prédio para inspecionar e verificar a potência dos equipamentos, foi optado pela obtenção da conta de energia do prédio, junto de suas contas anteriores numa escala anual para verificação da variância de consumo no decorrer das épocas do ano.

Para obtenção destes dados, realizou-se contato via e-mail com o departamento administrativo, onde somente foi possível a obtenção destes por se tratar de um levantamento de dados de um trabalho de conclusão de curso de um aluno da própria universidade, havendo assim uma liberação especial. Abaixo na Figura 16, segue os dados de energia quanto ao seu consumo demandado no decorrer de um ano.

Figura 16 – Faturas das contas de energia da UEA-REITORIA de 2018 - 2019. (ANEXO A)

### Histórico de Faturamento de Alta Tensão Horosazonal Verde

CREDOR: ELETROBRÁS AMAZONAS ENERGIA  
UNIDADE GESTORA: 011304-UEA-UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
UNIDADE CONSUMIDORA: 4973119-UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

Número da Fatura	Período	Ref. Event.	Consumo Fora Ponta (KWh)	Consumo Ponta (KWh)	Demanda Média Ponta (KWh)	Demanda Média Ponta (KWh)	Demanda Faturada (KWh)	Demanda Contratada (KWh)	Fator Potência (%)	Consumo Fora Ponta (R\$)	Consumo Ponta (R\$)	Demanda (R\$)	Energia Reativa (R\$)	Multa Juros e Corr. Monet. (R\$)	Diversos (R\$)	Valor Parcelamento (R\$)	Valor Devolução (R\$)	PIS/Cofins (R\$)	ICMS (R\$)	COSIP (R\$)	Valor Fatura (R\$)
21991042	082019	N	60.120	3.960	126	244	302	0	0,00	24.785,67	6.626,05	5.013,20	1.153,70	734,08	59,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37.371,83
20914746	072019	N	59.780	4.320	114	247	302	0	0,00	24.637,25	6.137,51	5.013,20	943,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36.731,89
19796037	062019	N	51.840	2.520	126	237	302	0	0,00	21.372,07	3.580,21	5.013,20	1.048,82	855,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31.869,36
18759125	052019	N	57.960	3.600	110	270	302	0	0,00	23.895,16	5.114,59	5.013,20	1.048,82	876,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35.947,90
17613599	042019	N	55.440	2.880	106	273	302	0	0,00	22.856,24	4.091,67	5.013,20	1.153,70	792,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33.907,66
16562954	032019	N	55.800	3.960	149	271	302	0	0,00	23.004,66	5.626,05	5.013,20	1.153,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34.797,61
15544114	022019	N	50.780	3.240	112	254	302	0	0,00	20.926,82	4.803,13	5.013,20	943,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31.487,08
14364943	012019	N	54.360	3.240	121	245	302	0	0,00	22.410,99	4.803,13	5.013,20	1.258,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33.285,90
13302152	122018	N	45.720	2.880	97	231	302	0	0,00	18.848,98	4.091,67	5.013,20	1.258,58	1.472,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30.684,61
12238353	112018	N	57.600	2.880	128	295	302	0	0,00	23.746,75	4.091,67	5.013,20	1.258,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34.110,20
10868812	102018	N	77.400	3.960	151	302	302	0	0,00	30.757,67	4.504,61	4.966,39	1.229,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41.458,42
9908298	092018	N	59.400	2.520	95	285	285	0	0,00	23.575,26	2.842,78	4.685,40	1.146,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32.249,72
<b>TOTAL</b>			<b>686.160</b>	<b>39.960</b>	<b>1.438</b>	<b>3.154</b>	<b>3.607</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>280.817,52</b>	<b>54.913,07</b>	<b>59.783,79</b>	<b>13.598,37</b>	<b>4.730,30</b>	<b>59,13</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>413.902,18</b>

Qtd. Faturas: 12

Fonte: Próprio autor.

### 2.1.3 Estudo de viabilidade técnica

Alguns dados necessários para o levantamento só podem ser obtidos através da AMAZONAS ENERGIA, portanto é necessário adentrar no site da concessionária e buscar o formulário de serviço adequado ao dado desejado, chegando na escolha do documento para expansão de subestação, mesmo que o intuito fosse apenas obter os dados de curto-circuito e relé de proteção da concessionária. Ao solicitar um estudo de viabilidade técnica do prédio UEA-REITORIA, o responsável técnico pelo prédio informou acerca de uma expansão de potência ocorrida no ano de 2013, e como a mesma foi recente, optou-se por adquirir o projeto de expansão, onde foram apresentados os dados de curto-circuito para todos os tipos de casos possíveis e também os valores do relé de proteção da rede da concessionária, enfim obtendo todos os dados essenciais para a inicialização dos cálculos e análise técnica quanto ao comportamento das curvas para a instalação. A Figura 17 mostra os dados finais para a implementação do estudo obtidos do projeto de expansão ocorrido em 2013.

Figura 17 – Valores de curto circuito e Parâmetros do relé da concessionária

**INDUSTRIA DE TRANSFORMADORES AMAZONAS LTDA - ITAM**

**CLIENTE:** UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
**OBRA:** UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
**DESCRIÇÃO:** ESTUDO DE SELETIVIDADE DA PROTEÇÃO

**1 - DADOS GERAIS**

Nome da Empresa - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
 Proprietário: UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
 Endereço - AV. DJALMA BATISTA, 3578 - FLORES - MANAUS/AM  
 Poste de Interligação - E4-12 (286)

Eletrobases  
 PROJ. Nº 372/13  
 Data: 16.09.13  
 Análise nº. SEGUNDA

**2 - DADOS FORNECIDOS PELA CONCESSIONÁRIA**

Tensão de Fornecimento	13.800,00	V
<b>Níveis de Curto - Circuito do Local</b>		
I <sub>cc</sub> trifásico - (I <sub>cc</sub> 3F)	6.852,00	A
I <sub>cc</sub> bifásico - (I <sub>cc</sub> 2F)	5.934,00	A
I <sub>cc</sub> fase-terra - (I <sub>cc</sub> FT)	5.099,00	A
I <sub>cc</sub> fase-terra 40 Ohms - (I <sub>cc</sub> FT40)	197,00	A
I <sub>cc</sub> fase-terra 100 Ohms - (I <sub>cc</sub> FT100)	79,00	A

**RELÉ DE SOBRECORRENTE DO ALIMENTADOR (FASE) DA CONCESSIONÁRIA**

Função	50/51
Fabricante	WESTINGHOUSE
Tipo	CO-9
RTC	400 / 5
Elemento temporizado	5 A
Curva	4 MI
Elemento instantâneo	36 A

**RELÉ DE SOBRECORRENTE DO ALIMENTADOR (NEUTRO) DA CONCESSIONÁRIA**

Função	50/51N
Fabricante	WESTINGHOUSE
Tipo	CO-9
RTC	400 / 5
Elemento temporizado	1 A
Curva	2 MI
Elemento instantâneo	9 A

Fonte: Próprio autor.

## 2.2 ELABORAÇÃO DE NOVOS PARÂMETROS

Com os dados necessários em mãos, bastou apenas o preenchimento dos mesmos dentro da planilha estabelecida pela concessionária, mas devido a problemas quanto a otimização da mesma, foi utilizada outra com a mesma finalidade, somada com alguns ajustes realizados por mim para maior organização e apresentação dos dados. Através desta planilha ocorrerá um estudo prévio de como se comportaria a curva de proteção com os valores anteriores e com os novos, além da elaboração de um memorial de cálculos, que obrigatoriamente deve ser apresentado junto a planilha para elaboração de projetos de proteção, tendo a finalidade de mostrar o desenvolvimento dos valores iniciais e seu andamento para a obtenção dos resultados finais. Abaixo as Figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 mostram a planilha do projeto de proteção que deve ser entregue a concessionária, junto cada área de preenchimento para cada subtópico na elaboração dos parâmetros.



Figura 20 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 3.

**7.0 DIMENSIONAMENTO DOS TC'S****7.1 Relação de transformação do TC**

$I_{pm\acute{a}x} = I_{cc3\phi/20}$	0,00	A
RTC Ajustado		
RTC	0	

**7.2 Impedância do cabo de ligação**

Comp. do Condutor TC ( $D_c$ ) - Ida e Volta		m
Bitola do Cabo ( $S_{cabo}$ )		mm <sup>2</sup>
Imp do Cabo ( $Z_{cabo} = 0,017241.L_c/A_s$ )	#DIV/0!	Ohms

**7.3 Impedância do relé**

Carga do Relé ( $S_r$ )		VA
Corrente entrada relé ( $I_c$ )		A
Imp Relé ( $Z_r = S_r/I_c^2$ )	#DIV/0!	Ohms

**7.4 Impedância estimada do TC**

$Z_{tc} = 0,0023.RTC + 0,0262$	0,03	Ohms
Imp total ( $Z_{total} = Z_{fiação} + Z_{relé} + Z_{TC}$ )	#DIV/0!	Ohms

**7.5 Cargas Totais no TC**

$V_{tc} = (20 \cdot I_c \cdot T \cdot Z_{total})$	#DIV/0!	V
Vsec TC		V
Classe de isolamento	15,00	KV

**7.6 Descrição do TC de Média Tensão (ABNT)**

Descrição TC AB	15KV	10B 0
-----------------	------	-------

**8.0 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO RELÉ DE FASE****8.1 Ajuste pick up de Fase temporizado.**

Pick up temp primário TC: ( $I_b$ ) = 1,2.I <sub>dem</sub>	#DIV/0!	A
Pick up temp secundário TC: ( $I_b$ ) / RTC	#DIV/0!	A

**8.2 Curva e Dial**

Tipo de Curva	
---------------	--

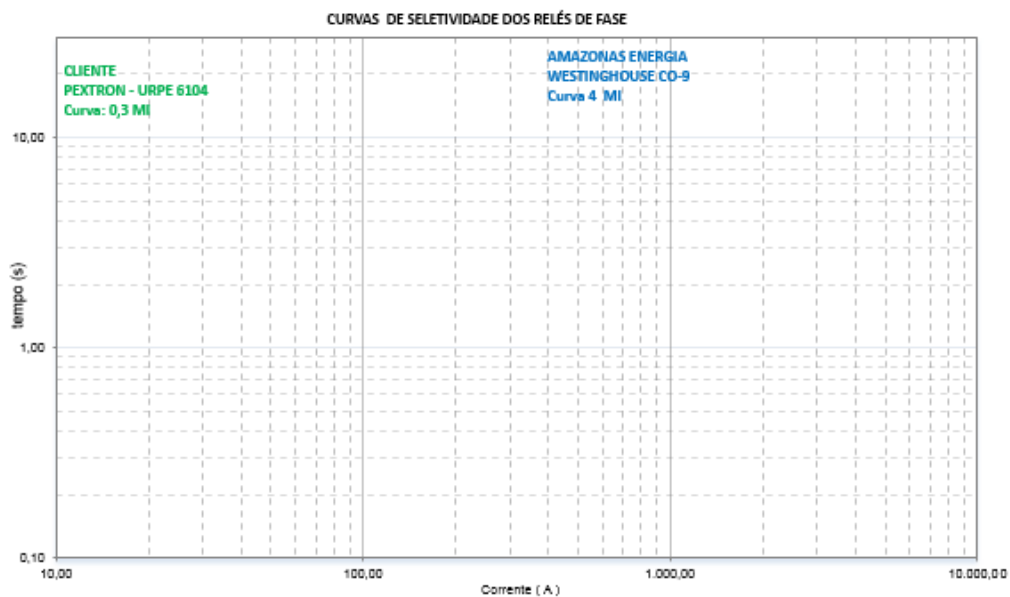
**8.3 Ajuste Sensor de Fase instantâneo**

Pick up Inst. prim TC: ( $I_b$ ) = 1,1.I <sub>mag</sub>	#DIV/0!	A
Pick up Inst Sec TC: ( $I_b$ ) / RTC	#DIV/0!	A

Dial de Tempo	
---------------	--

Fonte: Próprio autor.

Figura 21 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 4, Curva de proteção de fase.

**9.0 COORDENOGRAMA DE FASE**

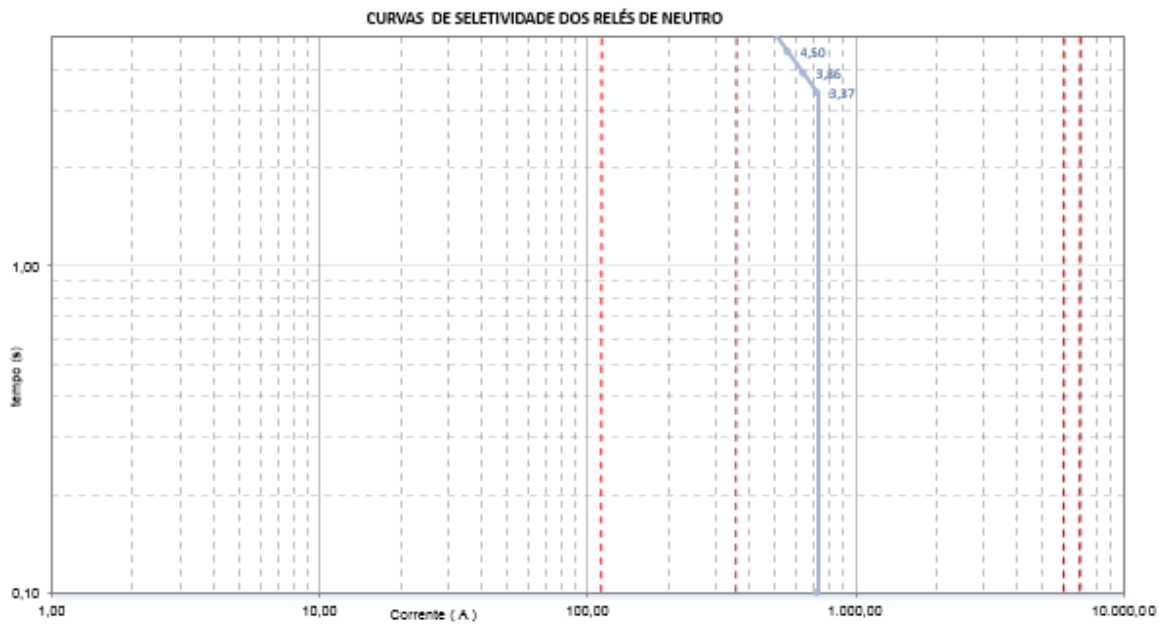
Fonte: Próprio autor.

Figura 22 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 5.

**10.0 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO RELÉ DE NEUTRO****10.1 Ajuste pick up de NEUTRO temporizado.**Pick up temp primário TC: (I>) = 1,2.Idesb  APick up temp secundário TC: (I>)/RTC  A**10.2 Ajuste Sensor de Fase instantâneo**Pick up Inst. prim TC: (I>>) = 0,9.Ioc1F100 Pick up Inst Sec TC: (I>)/RTC **10.3 Curva e Dial**Tipo de Curva Dial de Tempo 

Fonte: Próprio autor.

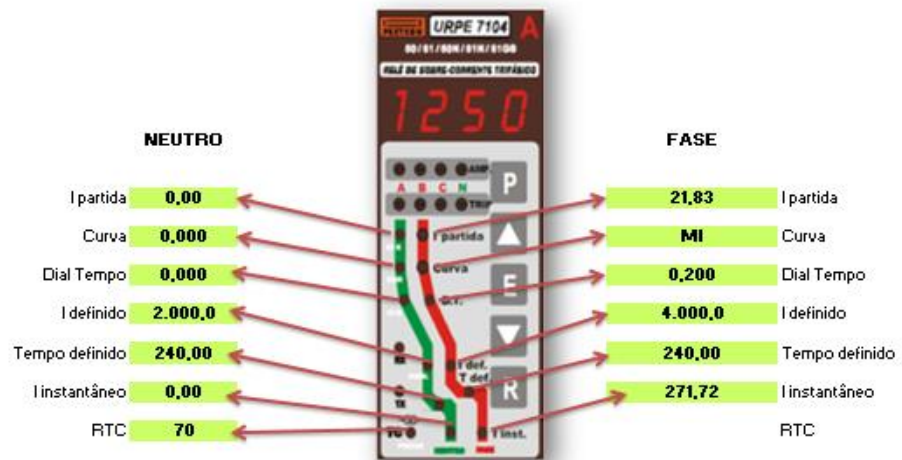
Figura 23 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 6, Curva de proteção neutro.

**11.0 COORDENOGRAMA DE NEUTRO**

Fonte: Próprio autor.

Figura 24 – Planilha de elaboração de Parâmetros Parte 7.

## 12. RESUMO DOS AJUSTES DO RELÉ PEXTRON 6104



Fonte: Próprio autor.

## 3 IMPLEMENTAÇÃO DOS PARÂMETROS

### 3.1 DADOS DO PONTO DE INTERLIGAÇÃO.

O primeiro passo a ser abordado para a implementação dos parâmetros de proteção são os valores de curto-circuito quanto as fases, sendo eles classificados como trifásico, bifásico e monofásico entre fase e terra com seus três tipos de análises quanto a resistência, onde estes valores são atribuídos pela concessionária no ponto de alimentação do prédio da UEA-REITORIA, localizado no poste de distribuição. Além disso, outro ponto crucial são os valores dos parâmetros do relé de proteção da linha de distribuição da concessionária, pois este valor impõe uma fronteira na corrente de seccionamento e seu tempo para retirada da instalação UEA-REITORIA do sistema de alimentação de energia, onde sempre deve ser levado em conta os valores da concessionária. Com base na Figura 17, pode-se notar os valores de curto circuito e parâmetros do relé, com isso chegando na seguinte implementação da planilha do Excel, conforme é mostrado na Figura 25.

Figura 25 – Preenchimento de dados da concessionária com base na Figura 17.

**1.0 DADOS DA CONCESSIONÁRIA****1.1 Dados do Ponto de Interligação**

Icc trifásico (Icc3f)	6.852,00	A
Icc bifásico (Icc2f)	5.934,00	A
Icc fase e terra (Icc1f)	5.099,00	A
Icc fase e terra 40 Ohms (Icc1F40)	197,00	A
Icc fase e terra 100 Ohms (Icc1F100)	79,00	A
R1 (Resistência reduzida de seq (+))		Ohms
X1 (Reatância reduzida de seq (+))		j Ohms
R0 (Resistência reduzida de seq (+))		Ohms
X0 (Reatância reduzida de seq (+))		j Ohms
Tensão de Fornecimento (Vforn)	13,80	kV
Potência Base da Geração	100,00	MVA

**1.2 Dados do Relé da Concessionária.**

Fabricante	WESTINGHOUSE
Tipo	CO-9
RTC	80,00 400/5
Unidade Temp. de Fase	5,00 A
Dial de Fase	4,00
Curva de fase	MI
Unidade Inst. de Fase	36,00 A
Unidade Temp. de Neutro	1,00 A
Dial de Neutro	2,00
Curva de Neutro	MI
Unidade Inst. de Neutro	9,00 A

Fonte: Próprio autor.

**3.2 DADOS DOS TRANSFORMADORES DO CLIENTE**

Para esta parte do procedimento é essencial tomar conhecimento quanto a capacidade da potência instalada dentro da instalação elétrica, a porcentagem de impedância do transformador e sua tensão de saída trifásica para ser trabalhada no projeto, como visto anteriormente, estes valores foram obtidos através de uma visita técnica, onde por meio de registros fotográficos (Figuras 12 e 13) nota-se as características técnicas dos transformadores de força existentes dentro da instalação, encontrando assim os valores seguintes: transformador da Figura 12, 500 kVA, 5,59%, 220 V e para a Figura 13, 112,5 kVA, 4,18%, 220 V, logo a potência instalado sobre o prédio da UEA-REITORIA encontra-se com uma portabilidade de 612,5 kVA. Com base nos dados obtidos na Figuras 12 e 13, foi feito o procedimento de preenchimento da planilha conforme os dados na Figura 26 abaixo.

Figura 26 – Preenchimento de dados dos transformadores com base nas Figuras 12 e 13.

**2.0 DADOS DOS TRANSFORMADORES DO CLIENTE****2.1 Dados dos Tranformadores**

	Potência	Z%	Vsaída
Trafo 1	500,00 kVA	5,59	220,00 V
Trafo 2	112,50 kVA	4,18	220,00 V
Potência Total (Ptotal)	612,50 kVA		

Fonte: Próprio autor.



### 3.3 DADOS DA OBRA OU SERVIÇOS

Dando continuidade ao procedimento de estudo de proteção, encontra-se o ponto de preenchimento de dados sobre a obra, onde deve-se preencher somente o valor da potência demandada pela instalação elétrica, mas para isso é necessário obter o conhecimento sobre o real consumo da instalação, onde para obtenção desse valor existe a opção de fazer um estudo técnico quanto ao levantamento de carga, geralmente utiliza-se essa opção em obras em que a construção civil do estabelecimento ainda não foi realizada, instalação de analisador de energia para levantamento da curva de demanda do estabelecimento, a opção mais viável porém não se tem este equipamento, ou a opção de adquirir dados técnicos oriundos da conta de energia, para prédios que se encontram em pleno funcionamento como o caso visto no prédio da UEA-REITORIA. Com base na norma NDE-02 (página 12, artigo 5.2.3.5) para instalações trifásicas de 127 V / 220 V deve-se adotar o valor de 0,92 de fator de potência para sua instalação, logo este valor também será acrescido para a obtenção da potência total em kVA. Na figura 27, apresenta-se esta área preenchida com o valor da potência demanda pela instalação da UEA-REITPRIA e o valor do fator de potência adotado.

Figura 27 – Preenchimento dos dados da obra

#### 3.0 DADOS DA OBRA OU SERVIÇO

##### 3.1 Dados de Demanda

Potencia Demanda (Pdem)

400,00 kW

Fator de Pot (Fp)

0,92

434,78 kVA

Fonte: Próprio autor.

### 3.4 IMPEDÂNCIAS DO SISTEMA

Neste processo tudo é automatizado através de fórmulas matemáticas pré-estabelecidas na programação das células do Excel, devido aos dados resultantes obtidos anteriormente no decorrer do preenchimento, a fórmula retornará os dados da impedância da linha de distribuição da concessionária e a da linha de cada transformador, além de suas fórmulas de obtenção para este processo. Com base na Figura da Figura 28, pode-se observar os valores de impedância e o memorial de cálculo para a obtenção destes valores.

Figura 28 – Retorno dos valores de impedâncias das linhas

---

**4.0 IMPEDÂNCIAS DO SISTEMA**


---

**4.1 Impedância Equivalente da Concessionária.**

$$Z_{cc} = (V_{linha}) / (1,73 \cdot I_{cc3f})$$

1,163	Ohms
-------	------

**4.2 Impedância Equivalente dos Transformadores.**

$$Z_{trafo1} = (V_{linha}^2) \cdot (Z\%_{trafo1}) / (S_{trafo1})$$

21,291	Ohms
--------	------

$$Z_{trafo2} = (V_{linha}^2) \cdot (Z\%_{trafo2}) / (S_{trafo2})$$

70,759	Ohms
--------	------

Fonte: Próprio autor.

Memorial de cálculos:

$Z_{CC}$  = Impedância da rede da concessionaria

$Z_{trafo1}$  = Impedância do transformador 1

$Z_{trafo2}$  = Impedância do transformador 2

$Z\%_{trafo1}$  = Impedância percentual do transformador 1 = 5,59%

$Z\%_{trafo2}$  = Impedância percentual do transformador 2 = 4,18%

$V_{LINHA}$  = Tensão de linha da rede de distribuição = 13,8 kV

$I_{CC3f}$  = Corrente de curto circuito trifásico na rede distribuição = 6852 A

$S_{trafo1}$  = Potência do transformador 1 = 500 kVA

$S_{trafo2}$  = Potência do transformador 2 = 112,5 kVA

$$Z_{CC} = \frac{V_{LINHA}}{\sqrt{3} \cdot I_{CC3f}} = \frac{13800}{\sqrt{3} \cdot 6852} = 1,163 \Omega$$

$$Z_{trafo1} = \frac{V_{LINHA}^2 \cdot Z\%_{trafo1}}{S_{trafo1}} = \frac{13800^2 \cdot 0,0559}{500000} = 21,291 \Omega$$

$$Z_{trafo2} = \frac{V_{LINHA}^2 \cdot Z\%_{trafo2}}{S_{trafo2}} = \frac{13800^2 \cdot 0,0418}{112500} = 70,759 \Omega$$

### 3.5 DETERMINAÇÃO DAS CORRENTES DO SISTEMA

Nesta parte é efetuado o levantamento das correntes do sistema, mas para dar continuidade é essencial levar em consideração a potência total da instalação do prédio da UEA-REITORIA, ou seja, ser efetuado a adição das potências dos transformadores 1, 500 kVA, e transformador 2, 112,5 kVA, para assim obter o potencial total da instalação de 612,5 kVA com base nos transformadores. Outro fator a ser levado em consideração é a potência demandada do prédio (Figura 16), que nada mais é do que uma parcela da potência total, caso este valor esteja muito próximo do valor da potência instalada, deve ser realizado uma correção em relação a proximidade destes valores. O valor ideal para pleno funcionamento para esse dado deve estar dentro de 50 a 80% de sua potência total, podendo ocorrer casos onde chegue na proximidade de 90 a 100%, mas sempre levando em consideração a finalidade do prédio, caso venha a se tratar de um prédio comercial ou industrial. Na Figura 29, os valores de corrente para potência instalada, demandada e desbalanço são mostrados junto do memorial de cálculos para obtenção destes valores.

Figura 29 – Valores das correntes da instalação, demandada e desbalanceamento

5.0 DETERMINAÇÃO DAS CORRENTES DO SISTEMA		
5.1 Corrente nominal na média tensão. $I_{nm\acute{a}x} = (P_{total}) / (1,73 \cdot V_{linha})$	25,625 A	5.3 Corrente de desbalanceamento admissível $I_{desb} = (0,2 \cdot I_{dem})$
5.2 Corrente máx demandada na média tensão. $I_{dem} = (P_{dem}) / (1,73 \cdot V_{linha} \cdot F_p)$	18,190 A	3,638 A

Fonte: Próprio autor.

Memorial de cálculos:

$I_{nm\acute{a}x}$  = Corrente nominal máxima na média tensão (13,8 kV)

$I_{dem}$  = Corrente demanda na média tensão (13,8 kV)

$I_{desb}$  = Corrente de desbalanceamento admissível

$P_{total}$  = Potencia total =  $S_{trafo1} + S_{trafo2} = 500 \text{ kVA} + 112,5 \text{ kVA} = 612,5 \text{ kVA}$

$P_{dem}$  = Potencia demandada = 400 kW

$V_{linha}$  = Tensão da linha de distribuição = 13,8 kV

$F_p$  = Fator de potência = 0,92

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{P_{total}}{\sqrt{3}xV_{forn}} = \frac{612,5K}{\sqrt{3}x13,8K} = 25,625 A$$

$$I_{dem} = \frac{P_{dem}}{\sqrt{3}xV_{form}xFp} = \frac{400K}{\sqrt{3}x13,8Kx0,92} = 18,19 A$$

$$I_{desb} = 0,2xI_{dem} = 0,2x18,19 = 3,64 A$$

### 3.6 CORRENTES DE CURTO CIRCUITO, MAGNETIZAÇÃO E PONTO ANSI

Ao seguir no preenchimento de dados e obtenção de valores, chega-se em uma observação sobre as correntes de curto circuito refletidas em relação as entradas primária e secundária dos transformadores, mas para isso é necessário ser realizado uma análise técnica quanto a como proceder com estes valores, sendo assim efetuado uma simples análise por lei de ohms, onde não se leva em consideração os ângulos das impedâncias, por devido ser uma solução de melhor precisão e facilidade para elaboração dos cálculos, pelo fato de não se ter conhecimento quanto ao tamanho, percurso e dados técnicos dos equipamentos instalados na linha de distribuição. Sendo então efetuado o cálculo de duas linhas, a primeira levando em consideração o valor de Impedância da linha e transformador 1 e o segundo onde também se leva a impedância da linha e o do transformador 2, com isto, obtém-se o valor de impedância total para as duas vias de distribuição de energia, assim podendo obter os valores de curto circuito nos secundários dos transformadores.

Quanto a corrente de magnetização, o valor se assimila ao de um motor elétrico ou qualquer circuito onde há a predominância de indutores, onde é gerado um pico de corrente em um intervalo de pequena duração durante o acionamento de um sistema ou circuito, sendo assim necessário observar o valor do pico da corrente de acionamento (magnetização) dos transformadores para uma breve análise em sua curva quanto este valor.

E por último temos a corrente de ANSI , um valor dimensionado e que não deve ultrapassar a corrente do circuito além de permanecer maior durante um certo valor em segundos (para este estudo foram escolhidos 2 segundos, podendo variar de acordo com

tamanho de transformadores e casos), pois se ultrapassar o valor e o tempo, será danificado o transformador de maneira irreparável e o equipamento pode assumir valores além do que os condutores possam suportar. Abaixo na Figura 30, seguem os valores obtidos quanto as correntes e o memorial de cálculos para a obtenção destes dados.

Figura 30 – Valores de corrente de curto circuito, magnetização e ANSI

**6.0 IMAG, IANSI e NÍVEIS DE CURTO CIRCUITO VISTOS PELA REDE**

<b>6.1 Icc3f no ponto de fornecimento</b>		<b>6.3 Corrente de Magnetização (Imag)</b>	
$I_{cc3f} = (V_{linha}) / (1,73 \cdot Z_{cc})$	<b>6.852,00</b> A	$I_{mag} = 1 / ((1/I_{cc3f}) + (1,73 \cdot V_{linha}) / (10 \cdot P_{total}))$	<b>247,02</b> A
<b>6.2 Icc3f no Sec. dos trafos refletido no Prim</b>		<b>6.4 Ponto ANSI</b>	
$I_{cc3f\ trafa1} = (V_{linha}) / (1,73 \cdot (Z_{cc} + Z_{trafo1}))$	<b>354,83</b> A	$I_{ANSI\ T1} = (58 \cdot I_{n\ trafa1}) / Z_{\%trafo1}$	<b>217,05</b> A
$I_{cc3f\ trafa2} = (V_{linha}) / (1,73 \cdot (Z_{cc} + Z_{trafo2}))$	<b>110,78</b> A	$I_{ANSI\ T2} = (58 \cdot I_{n\ trafa2}) / Z_{\%trafo2}$	<b>65,31</b> A

Fonte: Próprio autor.

Memorial de cálculos:

$I_{cc3f}$  = Corrente de curto circuito trifásico

$I_{cc3f\ trafa1}$  = Corrente de curto circuito trifásico no transformador 1

$I_{cc3f\ trafa2}$  = Corrente de curto circuito trifásico no transformador 2

$I_{mag}$  = Corrente de magnetização dos transformadores

$I_{ANSI\ T1}$  = Corrente de ANSI do transformador 1

$I_{ANSI\ T2}$  = Corrente de ANSI do transformador 2

$Z_{CC}$  = Impedância da linha de distribuição = 1,16  $\Omega$

$Z_{trafo1}$  = Impedância do transformador 1 = 21,291  $\Omega$

$Z_{trafo2}$  = Impedância do transformador 2 = 70,759  $\Omega$

$P_{total}$  = Potência total =  $S_{trafo1} + S_{trafo2} = 500 \text{ kVA} + 112,5 \text{ kVA} = 612,5 \text{ kVA}$

$V_{linha}$  = tensão de linha = 13,8 kV

$I_{n\ trafa1}$  = Corrente nominal do transformador 1 na média =  $\frac{S_{trafo1}}{\sqrt{3} \cdot V_{linha}} = \frac{500K}{\sqrt{3} \cdot 13,8k} = 20,91 \text{ A}$

$I_{n\ trafa2}$  = Corrente nominal do transformador 2 na média =  $\frac{S_{trafo2}}{\sqrt{3} \cdot V_{linha}} = \frac{112,5K}{\sqrt{3} \cdot 13,8k} = 4,7 \text{ A}$

$$I_{cc3f} = \frac{V_{linha}}{\sqrt{3} \times Z_{CC}} = \frac{13,8K}{\sqrt{3} \times 1,163} = 6850,76 \text{ A}$$

$$I_{Icc3ftrafo1} = \frac{V_{linha}}{\sqrt{3} \times (Z_{CC} + Z_{trafo1})} = \frac{13,8K}{\sqrt{3} \times (1,16 + 21,291)} = 354,88 \text{ A}$$

$$I_{Icc3ftrafo2} = \frac{V_{linha}}{\sqrt{3} \times (Z_{CC} + Z_{trafo2})} = \frac{13,8K}{\sqrt{3} \times (1,16 + 70,759)} = 110,78 \text{ A}$$

$$I_{mag} = \frac{1}{\frac{1}{I_{CC3f}} + \frac{\sqrt{3} \times V_{LINHA}}{10 \times P_{total}}} = \frac{1}{\frac{1}{6852} + \frac{\sqrt{3} \times 13,8K}{10 \times 612,5k}} = 247,01 \text{ A}$$

$$I_{ANSI T1} = \frac{58 \times I_{trafo1}}{Z\%_{trafo1}} = \frac{58 \times 20,91}{5,59} = 216,96 \text{ A}$$

$$I_{ANSI T2} = \frac{58 \times I_{trafo2}}{Z\%_{trafo2}} = \frac{58 \times 4,7}{4,18} = 65,22 \text{ A}$$

### 3.7 DIMENSIONAMENTO DO TC.

Neste ponto será elaborado o levantamento técnico do equipamento de maior importância para o funcionamento do sistema de proteção, pois caso ocorra um erro no dimensionamento do transformador de corrente, pode acontecer da corrente de curto-circuito monofásica não ser acionada durante o erro, devido ao incorreto dimensionamento nominal do TC para proteção, com isso acarretando na leitura de uma corrente de curto como se fosse uma corrente nominal de pleno uso dentro dos parâmetros estabelecidos, levando em consideração o estabelecido pela Relação de transformação do transformador de corrente (RTC), e em casos mais graves, caso o valor de transformação seja muito elevado, o mesmo pode não fornecer a corrente de funcionamento mínima para a alimentação do modelo do relé de proteção secundária do sistema.

Figura 31 – Dados de levantamento do transformador de corrente.

7.0 DIMENSIONAMENTO DOS TC'S						
<b>7.1 Relação de transformação do TC</b>		<b>7.4 Impedância estimada do TC</b>				
$I_{p\max} = I_{cc3f}/20$	342,60 A	$Z_{tc} = 0,0023 \cdot RTC + 0,0262$	0,19 Ohms			
RTC Ajustado	350,00	Imp total ( $Z_{total} = Z_{fiação} + Z_{relé} + ZTC$ )	0,25 Ohms			
RTC	70					
<b>7.2 Impedância do cabo de ligação</b>		<b>7.5 Cargas Totais no TC</b>				
Comp. do Condutor TC (Dc) - Ida e Volta	8,00 m	$V_{tc} = (20 \cdot I_{cT} \cdot Z_{total})$	25,04 V			
Bitola do Cabo (Scabo)	2,50 mm <sup>2</sup>	Vsec TC	100,00 V			
Imp do Cabo ( $Z_{cabo} = 0,017241 \cdot Lc / As$ )	0,06 Ohms	Classe de isolamento	15,00 KV			
<b>7.3 Impedância do relé</b>		<b>7.6 Descrição do TC de Média Tensão (ABNT)</b>				
Carga do Relé (Sr)	0,20 VA	<table border="1"> <tr> <td>Descrição TC ABNT</td> <td>15KV</td> <td>10B 100</td> </tr> </table>		Descrição TC ABNT	15KV	10B 100
Descrição TC ABNT	15KV			10B 100		
Corrente entrada relé (Ic)	5,00 A					
Imp Relé ( $Z_r = S_c / I_c \cdot I_c$ )	0,008 Ohms					

Fonte: Próprio autor.

Com base na Figura 31, o campo 7.1 retorna o valor da corrente de curto circuito trifásico da instalação dividida por vinte, pois em sistemas de proteção elétrica as correntes de curto-circuito são consideradas 20 vezes o valor da corrente nominal do circuito apresentado. Com isso, obtendo o valor base de quanto deve ser a corrente máxima do TC de maneira que obedeça o parâmetro estabelecido e ela possa efetuar a leitura da corrente de curto-circuito, basta escolher o valor de um TC que esteja o mais próximo do valor dividido, assim sendo efetuado o preenchimento do valor máximo do TC selecionado no campo azul.

No campo 7.2 da Figura 31, é realizado um levantamento de impedância dos cabos, levando em consideração a distância que será percorrida do relé de proteção secundária para os TCS, sendo assim preenchido o valor da distância de ida e volta do cabeamento. Para obter este dado é utilizado a resistência de cabeamento aplicado em relação a sua distância, tipo de material condutivo e área de secção transversal do cabo utilizado.

Figura 32 – Manual técnico do Relé

MANUAL DE OPERAÇÃO	URPE 6104
--------------------	-----------

### 6.2 – Operação de extração do módulo eletrônico

Para a extração do módulo eletrônico puxar a haste até extração total da mesma. Neste ponto coloque seus dedos através da haste e puxe-a firmemente.

### 7 – Tabela de especificações técnicas

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS					
Entradas	grandeza característica	corrente alternada			
	quantidade	3 fases + 1 neutro			
	corrente nominal In	Fase <i>especificar no código de encomenda</i>	1	A	
		Neutro	0,5	A	
	corrente nominal In	Fase <i>especificar no código de encomenda</i>	5	A	
		Neutro	2,5	A	
	impedância de entrada de $Z_{IN}$		7	mΩ	
	consumo entrada de medição de corrente com 5 A = 0,2 VA				
	De	fase (A – B – C)	In = 1A	0,030 à 20	A
			In = 5A	1,4 à 100	A
neutro (N)		In = 1A	0,015 à 10	A	
		In = 5A	0,10 à 50	A	

Fonte: Próprio autor.

Com base no manual de operação UPER6104V718R10 (DOCSITY), o valor de potência consumida do relé é de 0,2 VA, como pode ser visto na Figura 32, sabendo disso e levando em consideração que a corrente do TC é de 5 A durante a medição, por meio da lei de Ohm da relação entre potência e corrente, resulta-se a impedância interna do equipamento, possibilitando então ser implementado este valor dentro da impedância total do sistema de potência, para então ser obtido o valor de consumo do TC, assim obtendo os valores do campo 7.3 na Figura 31.

Conforme o campo 7.4 da Figura 31, é obtido o valor de impedância para o transformador de corrente, onde por meio de uma fórmula pré-estabelecida temos o valor da resistência do TC, porém como os transformadores possuem relações de transformação variadas e variância na impedância devido ao tamanho do enrolamento, é levado em consideração a relação de transformação multiplicada pelo valor de impedância de apenas uma bobina. Um fator de maior importância obtido no campo é o valor da impedância total do sistema de medição de corrente, onde através desse valor torna-se possível adquirir uma prévia do valor de potência consumida somente para essa parte do sistema de proteção, com isto, poderá ser



feito o levantamento da potência do TC, como visto na parte 7.5 da Figura 31, onde por consequência se obtém os dados técnicos essenciais para a obtenção do TC em qualquer loja de artigos elétricos com a especificação mostrada no campo 7.6. Abaixo segue o memorial de cálculos para essa etapa do procedimento.

Memorial de cálculos:

$I_{pmáx}$  = corrente de curto circuito trifásico dividido por 20

RTC ajustado = valor de corrente máxima de um TC de mercado mais próxima que atenda

$$RTC = \text{Relação de transformação do transformador de corrente} = \frac{I_{maxTC}}{5} = \frac{350}{5} = 70$$

$\sigma_{cobre}$  = Valor de condutividade do cobre

$L_c$  = comprimento do cabo condutor de ida até o TC e sua volta ao relé

$A_s$  = Secção transversal do cabo de ligação ao transformador de corrente

$I_c$  = Corrente de circulação no secundário do transformador de corrente = 5 A

$Z_{cabo}$  = Impedância do cabo de ligação ao TC

$Z_R$  = Impedância do dispositivo de proteção relé

$Z_{TC}$  = Impedância do instrumento de medição TC

$Z_{TOTAL}$  = Impedância total do sistema de proteção elétrica

$V_{TC}$  = Tensão de consumo do TC

$$z_{cabo} = \frac{\sigma_{cobre} \times L_c}{A_s} = \frac{0,017241 \times 8}{2,5} = 0,055 \cong 0,6 \Omega$$

$$Z_{TC} = 0,0023 \times RTC + 0,0262 = 0,0023 \times 70 + 0,0262 = 0,1872 \Omega$$

$$Z_R = \frac{S_C}{I_C^2} = \frac{0,2}{25} = 0,008 \Omega$$

$$Z_{TOTAL} = Z_{cabo} + Z_R + Z_{TC} = 0,06 + 0,008 + 0,1872 = 0,255 \cong 0,25 \Omega$$

$$V_{TC} = 20 \times I_C \times Z_{TOTAL} = 20 \times 5 \times 0,25 = 25 V$$

### 3.8 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE FASE

Neste procedimento são levantados os dados essenciais para que se possa cumprir a função 50 proteção contra sobrecarga instantânea e 51 sobrecarga temporizada do sistema, para assim ser realizado a análise de proteção das fases de energia da instalação elétrica do prédio em sua entrada, onde será levado em consideração para uma primeira análise a corrente demandada nominal do sistema, neste caso atribuindo ao valor o equivalente a 1,2 ou 20% a mais de seu valor nominal para que haja uma margem de funcionamento da corrente da seguinte maneira, onde caso a corrente ultrapasse o valor estabelecido, é realizado uma contagem de tempo determinada e vistoriada para então ser efetuado uma possibilidade de seccionamento por causa de um erro. Outra observação a ser feita é a corrente que será transformada para a baixa tensão no relé de proteção secundária, sendo necessário saber se esse valor terá um valor mínimo para a funcionalidade como vista em seu manual.

O valor da corrente de magnetização que representa a função 51, onde por meio de cálculos prévios é atribuído uma margem de multiplicação do valor de 1,1 para então acarretar uma nova fronteira de valor instantâneo de duração. Caso esse valor seja levemente ultrapassado, o mesmo pode ser visto como uma falha dentro da proteção do sistema da instalação da UEA–REITORIA, assim bastando apenas preencher o tipo de curva de proteção e o coeficiente da curva, onde tais dados serão abordados no tópico 3.9 deste trabalho. Na Figura 33, segue o preenchimento dos dados e o memorial de cálculos.

Figura 33 – Dados de parametrização da fase do Relé de proteção

8.0 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO RELÉ DE FASE			
<b>8.1 Ajuste pick up de Fase temporizado.</b>		<b>8.3 Ajuste Sensor de Fase instantâneo</b>	
Pick up temp primário TC: (I>)=1,2.Idem	21,83 A	Pick up Inst. prim TC: (I>>)=1,1.Imag	271,72 A
Pick up temp secundário TC: (I>)/RTC	0,31 A	Pick up Inst Sec TC: (I>>)/RTC	3,88 A
<b>8.2 Curva e Dial</b>			
Tipo de Curva	MI	Dial de Tempo	0,20

Fonte: Próprio autor.

Memorial de cálculos:

$I_{\text{pick-up temp primario do TC}} = \text{Corrente temporizada no lado primário do TC}$

$I_{\text{pick-up temp secundario do TC}} = \text{Corrente temporizada no lado secundário do TC}$

$I_{\text{pick-up inst primario do TC}} = \text{Corrente instantânea no lado primário do TC}$

$I_{\text{pick-up inst secundario do TC}} = \text{Corrente instantânea no lado secundário do TC}$

$I_{\text{dem}} = \text{Corrente demandada pela instalação elétrica da UEA-REITORIA}$

$I_{\text{mag}} = \text{Corrente de magnetização do sistema de energia da UEA-REITORIA}$

$\text{RTC} = \text{Relação de transformação do transformador de corrente} = \frac{I_{\text{maxTC}}}{5} = \frac{350}{5} = 70$

$I_{\text{pick-up temp primario do TC}} = 1,2 \times I_{\text{dem}} = 1,2 \times 18,19 = 21,83 \text{ A}$

$I_{\text{pick-up temp secundario do TC}} = \frac{I_{\text{pick-up temp primario do TC}}}{\text{RTC}} = \frac{21,83}{70} = 0,31 \text{ A}$

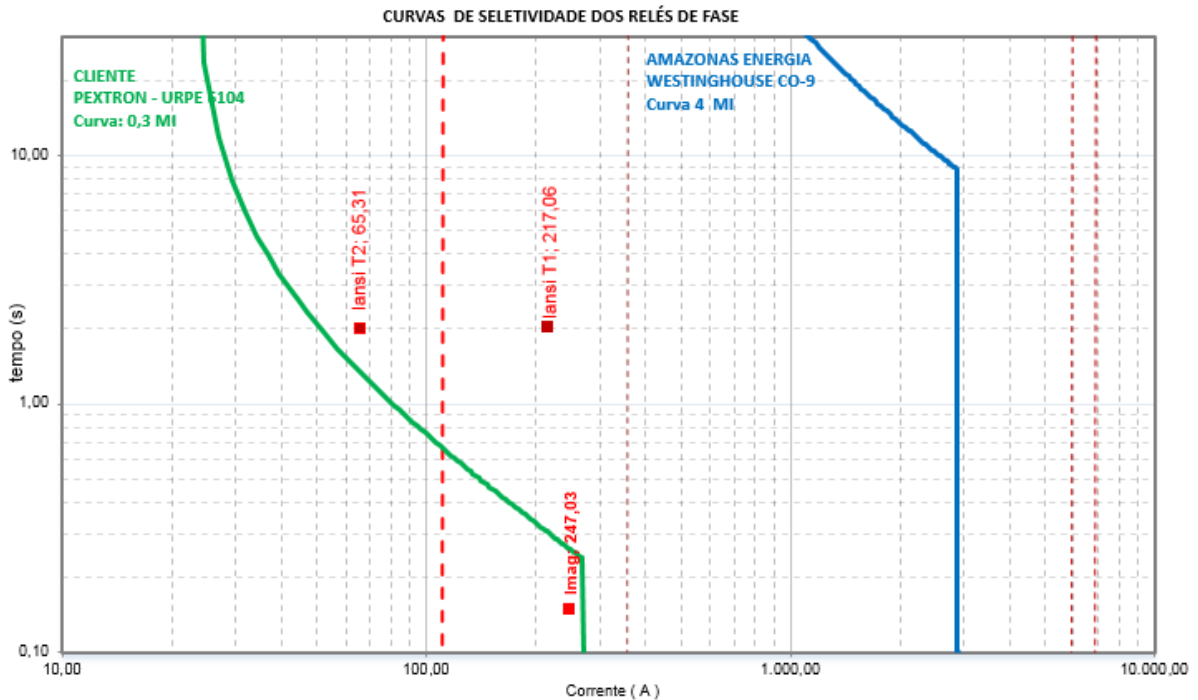
$I_{\text{pick-up inst primario do TC}} = 1,1 \times I_{\text{mag}} = 1,1 \times 247,02 = 271,72 \text{ A}$

$I_{\text{pick-up inst secundario do TC}} = \frac{I_{\text{pick-up inst primario do TC}}}{\text{RTC}} = \frac{271,72}{70} = 3,88 \text{ A}$

### 3.9 CURVA DE PROTEÇÃO DE FASE

Com base nos dados obtidos na Figura 33, é possível estabelecer a curva de proteção para as fases de energia através de um gráfico, onde por meio dos dados técnicos do sistema de proteção da instalação elétrica junta da concessionária, serão elaboradas curvas de proteção para análise e comportamento técnico dos valores e limites estabelecidos, colocando-os lado a lado para que seja possível comparar as curvas e determinar se estão adequadas ao caso apresentado da UEA-REITORIA.

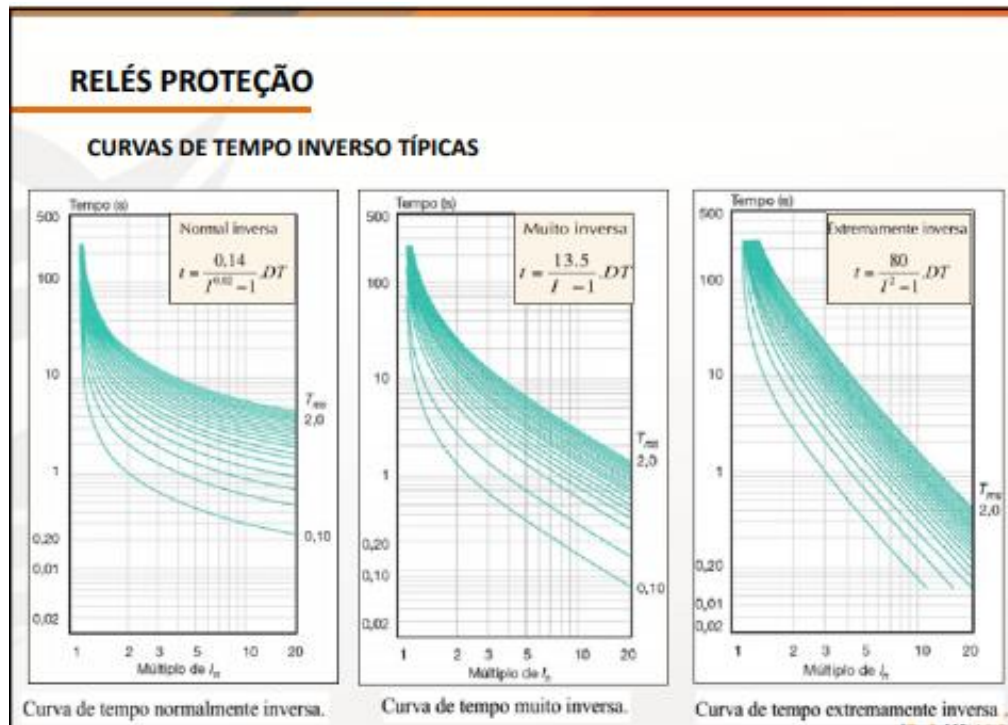
Figura 34 – Curva de proteção de fase dos relés da UEA–REITORIA e concessionária



Fonte: Próprio autor.

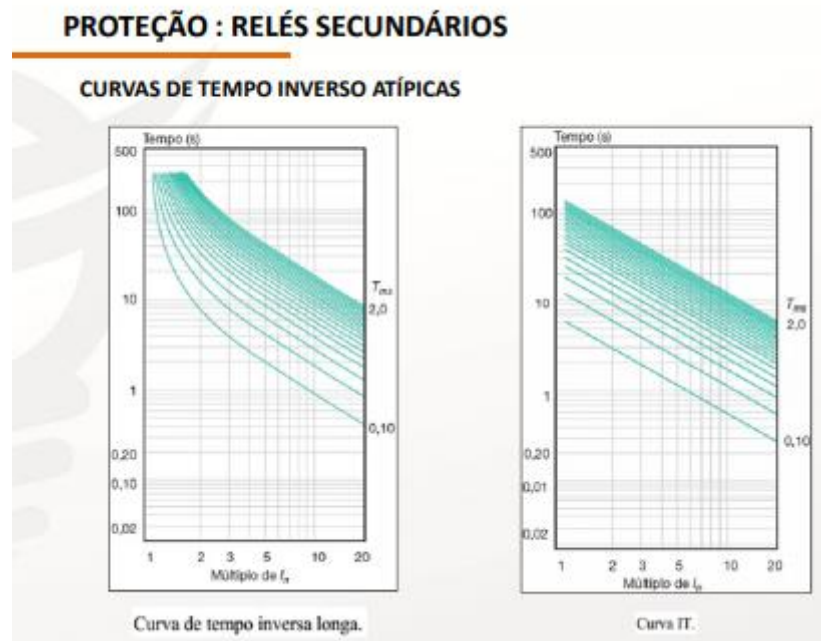
Ao todo existem 5 tipos de curvas de temporização para a caracterização do sistema de proteção de um sistema elétrico, podendo ser do tipo: Tempo normalmente inverso, tempo muito inverso, tempo extremamente inverso, tempo inversamente longa e tempo IT. Elas diferem entre si dados acerca dos fatores de aplicação e tempo de seccionamento do sistema quanto aos valores de corrente, onde há casos onde existe uma precaução maior em correntes de grandes valores, assim como em correntes de valores reduzidos. Como se trata de uma instalação elétrica de média tensão e voltada para a proteção de equipamentos eletrônicos, a curva ideal para instalações elétricas são do tipo de tempo muito inverso, pelo fato de ser uma curva que apresenta sensibilidade tanto para corrente de pequenos valores como também em para grandes valores, além de ser a de aplicação ideal para a proteção de sistemas de média tensão (13,8 kV). Na Figura 35 e 36 pode-se observar todos os tipos de curvas e seus tempos.

Figura 35 – Curvas de parametrização, parte 1



Fonte: Correia,2019.

Figura 36 – Curvas de parametrização, parte 2



Fonte: Correia, 2019.

Com base na seleção de curva, toda curva apresenta um comportamento único, onde sempre é analisado o valores em relação ao tempo e a corrente nominal do sistema de proteção, mas para fins de obter a curva ideal, dentre as várias existente do tipo muito inverso, deve-se levar em consideração o sistema em que se deseja trabalhar em cima, tomando conhecimento sobre o tempo para seccionamento do circuito durante o período de energização e os valores das correntes de magnetização, ANSI e demanda.

Tendo em contas os pontos acima abordados, chega-se na fórmula da curva de tempo muito inverso, que é utilizada para proteção de equipamentos eletrônicos e trata-se de proteção de média tensão, baseando toda a análise no ajuste da curva que venha a atender os seguintes requisitos:

- tempo de seccionamento menor a 1 segundo.
- curva de proteção abaixo da corrente ANSI
- Corrente de magnetização com tempo que atenda a partida

Onde sempre é dado um valor de discrepância um pouco acima da corrente de magnetização (1,1 vezes a nominal de partida), além de possuir um valor de corrente nominal abaixo do valor da corrente ANSI e também ser um valor com uma discrepância acima da corrente demandada pelo sistema em seu funcionamento (1,2 vezes maior a nominal). Atendendo a estes requisitos, se encontra a curva ideal para o sistema da instalação elétrica da UEA-REITORIA. Abaixo segue o memorial de cálculos para obtenção dos valores preenchidos e na Figura 34 e as curvas de proteções para a fase.

Memorial de cálculos:

$t$  = tempo de operação do sistema

$DT$  = Dial de tempo = 0,3 (valor obtido através de curva de tempo, figura 35)

$I_N$  = Corrente no circuito = corrente temporizada = 271,72 A

$I_P$  = corrente de partida = 21,83 A

$$I = \frac{I_N}{I_P} = \text{relação de correntes} = \frac{271,72}{21,83} = 12,48$$

$$t = \frac{13,5 \times DT}{I-1} = \frac{13,5 \times 0,3}{12,48-1} = 0,352 \text{ s}$$

### 3.10 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO NEUTRO

Dando continuidade ao processo de parametrização, chega-se na análise de proteção instantânea e temporizada para o NEUTRO, onde assim como visto na seção 3.8 deste trabalho, será feito uma análise quanto as correntes obtidas no decorrer dos parâmetros anteriores, só que devido ser uma composição em cima do neutro, será usada uma corrente de menor valor por conta da mesma ser sempre reduzida a uma corrente de fase.

Estabelecendo a corrente de desbalanceamento como um valor nominal de parâmetro para pleno funcionamento, aplica-se uma multiplicação pelo valor de 1,2 para que ocorra o deslocamento da fronteira de limite deste valor durante a magnetização do circuito, onde esse valor obtido será refletido no lado secundário do transformador de corrente, bastando apenas dividir pelo valor RTC para então obter o valor da corrente no lado secundário. Outro fator de bastante relevância será a corrente de seccionamento temporizado, onde assim como visto no Tópico 3.8, caso ultrapasse o valor nominal de corrente demandada em até 1.1 vezes, será realizado desligamento do estabelecimento a energia da concessionária. Obtendo conhecimento sobre estes dados, basta apenas preencher quanto ao tipo de curva e Dial de tempo onde será abordado na seção 3.11, onde será demonstrado através da Figura 37, que apresenta os dados preenchidos no campo seguido do memorial de cálculos.

Figura 37 – Parâmetros de proteção do NEUTRO

10.0 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO RELÉ DE NEUTRO			
<b>10.1 Ajuste pick up de NEUTRO temporizado.</b>		<b>10.2 Ajuste Sensor de Fase instantâneo</b>	
Pick up temp primário TC: $(I>)=1,2 \cdot I_{desb}$	4,37 A	Pick up Inst. prim TC: $(I>>)=0,9 \cdot I_{cc1F100}$	71,10
Pick up temp secundário TC: $(I>)/RTC$	0,06 A	Pick up Inst Sec TC: $(I>>)/RTC$	1,02
<b>10.3 Curva e Dial</b>			
Tipo de Curva	MI	Dial de Tempo	0,30

Fonte: Próprio autor.

Memorial de cálculos:

$I_{pick-up \text{ temp primario do TC}} = \text{Corrente temporizada no lado primário do TC}$

$I_{pick-up \text{ temp secundario do TC}} = \text{Corrente temporizada no lado secundário do TC}$

$I_{\text{pick-up inst primario do TC}}$  = Corrente instantânea no lado primário do TC

$I_{\text{pick-up inst secundario do TC}}$  = Corrente instantânea no lado secundário do TC

$I_{\text{cc1f100}}$  = Corrente de curto circuito monofásico com 100  $\Omega$  de resistência

$I_{\text{desb}}$  = Corrente de desbalanceamento

$\text{RTC}$  = Relação de transformação do transformador de corrente =  $\frac{I_{\text{maxTC}}}{5} = \frac{350}{5} = 70$

$I_{\text{pick-up temp primario do TC}} = 1,2 \times I_{\text{desb}} = 1,2 \times 3,638 = 4,37 \text{ A}$

$I_{\text{pick-up temp secundario do TC}} = \frac{I_{\text{pick-up temp primario do TC}}}{\text{RTC}} = \frac{4,37}{70} = 0,062 \text{ A}$

$I_{\text{pick-up inst primario do TC}} = 0,9 \times I_{\text{cc1f100}} = 0,9 \times 79 = 71,1 \text{ A}$

$I_{\text{pick-up inst secundario do TC}} = \frac{I_{\text{pick-up inst primario do TC}}}{\text{RTC}} = \frac{271,72}{70} = 3,88 \text{ A}$

### 3.11 CURVA DE PROTEÇÃO DE NEUTRO

Para este caso é realizado uma análise diferente em relação a fase, onde o comportamento da corrente do neutro no decorrer do tempo é verificado, levando em consideração a corrente de curto-circuito monofásica, onde também deve ser realizado um estudo técnico para as correntes de pequenos valores, uma vez que o circuito enxerga correntes de potenciais baixos apenas como correntes nominais em pleno funcionamento, ao invés de identificar um erro que deve ser seccionado do sistema. Por tratar-se do neutro, sempre é levado em consideração uma parcela de valor muito menor ao visto nas fases, onde por meio de outros métodos o neutro é considerado com um valor de quase um terço dos valores de fase.

Assim como visto no seção 3.9, trata-se de uma curve de ajuste, onde os meus valores são atribuídos conforme a reta que atenda aos requisitos vistos anteriormente além de ser muito comum alguns valores serem ajustados durante a instalação do relé, levando sempre em consideração os cálculos e a segurança da instalação. O gráfico mostrado na Figura 38 reflete o comportamento da corrente de desbalanceamento no decorrer do tempo juntamente de seus parâmetros aplicados para norma 50N e 51N, assim estabelecendo um comportamento dentro do parâmetro esperado, sempre abaixo da curva da concessionária e dentro dos parâmetros estabelecidos.



Figura 38 – Curva de proteção do neutro da UEA–REITORIA

**11.0 COORDENOGRAMA DE NEUTRO**

Fonte: Próprio autor.

### 3.12 AJUSTES DO RELÉ DE PROTEÇÃO SECUNDÁRIA

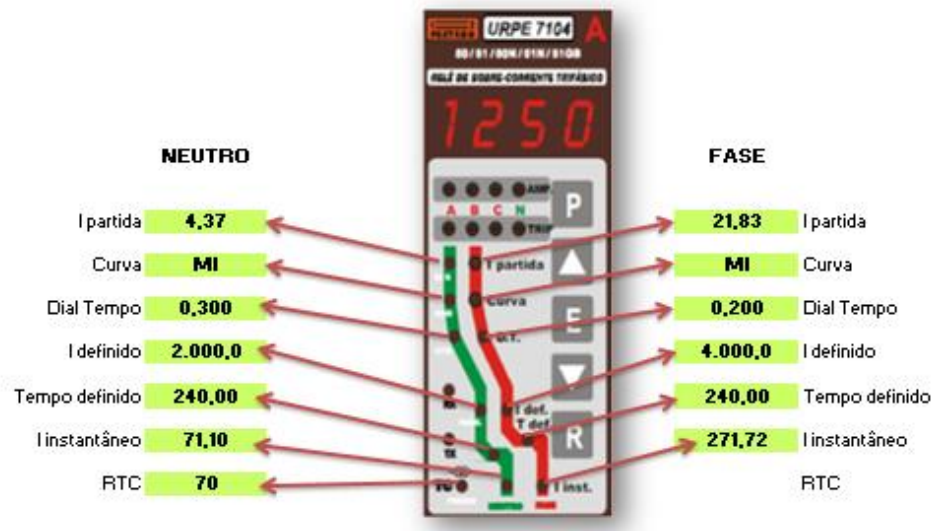
Com todas as etapas concluídas é chegado no término do estudo sobre os dados levantados da instalação da UEA–REITORIA, faltando apenas a programação dos parâmetros dentro do relé de proteção secundária, e para solucionar tal fato, foi realizado um resumo visual sobre cada procedimento e seus valores de forma a facilitar o entendimento dos valores obtidos e obter uma melhor visualização sobre qual será o resultado depois de programados os valores de cálculos e análises.

Devido a dificuldade em encontrar uma maneira abrangente de explicar o procedimento de programação foi necessário a elaboração desta etapa de conclusão, pois quando a programação do relé de proteção está sendo realizada, apenas um *led* é ativado como guia para saber qual dado está sendo incrementado e somente números são acrescentados no display do equipamento, sem ter uma diferença de um para outro quando se tratando de valores numéricos, sendo apenas apresentada os tipos de curva que demonstram dígitos de letras para sua escolha.

Na Figura 39 pode ser observado como deve ser efetuado a programação dos dados e seus valores conforme a sequência apresentada.

Figura 39 – Ajustes de programação do Relé PEXTRON 6104

## 12. RESUMO DOS AJUSTES DO RELÉ PEXTRON 6104



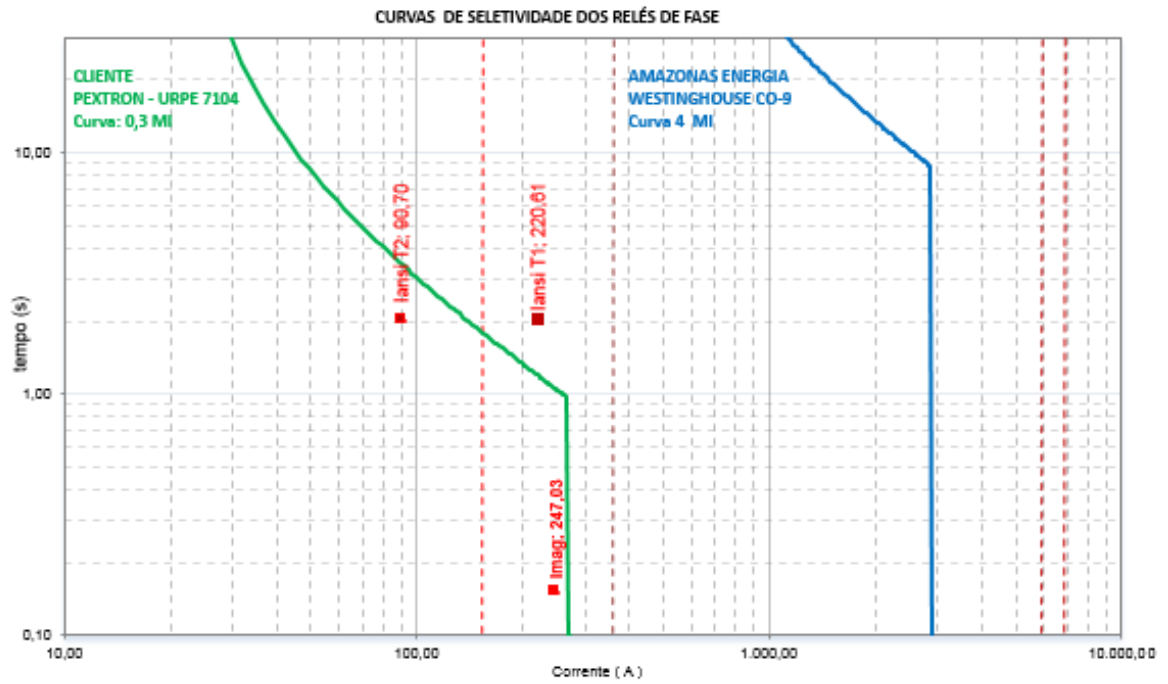
Fonte: Próprio autor.

## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

Através da visita técnica a subestação da UEA–REITORIA, obteve-se os valores de parametrização atuais salvo no relé de proteção, assim também como o projeto de elaboração da proteção do sistema para a última expansão ocorrida no ano de 2013. Com isto, tornou-se possível o preenchimento dos dados anteriores na planilha de forma que pôde-se obter as curvas de proteção hoje estabelecidas dentro da UEA–REITORIA. Nas Figuras 40, 41 e 42, seguem os gráficos e valores resultantes dos dados hoje estabelecidos.

Figura 40 – Curva de proteção de fase atual da UEA–REITORIA

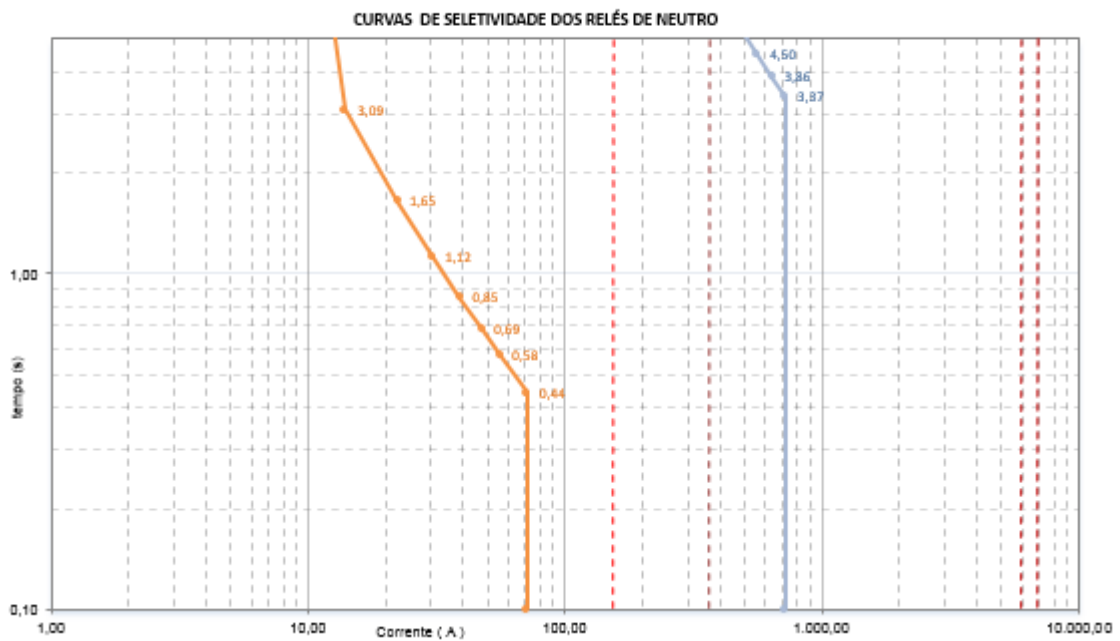
**9.0 COORDENOGRAMA DE FASE**



Fonte: Próprio autor.

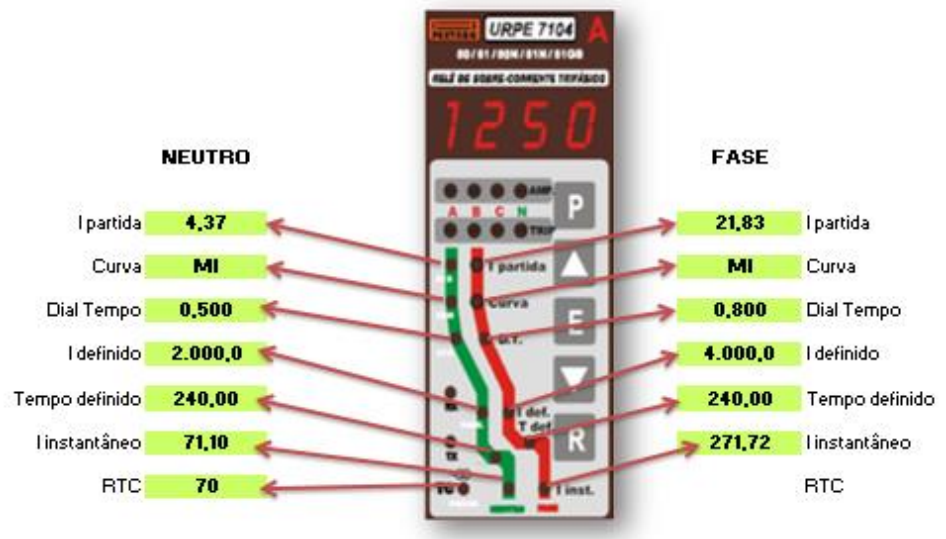
Figura 41 - Curva de proteção de neutro atual da UEA–REITORIA

**12.0 COORDENOGRAMA DE NEUTRO**



Fonte: Próprio autor.

Figura 42 – Parâmetros encontrados na subestação da UEA- REITORIA

**10. RESUMO DOS AJUSTES DO RELÉ PEXTRON 6104**

Fonte: Próprio autor.

Para o Transformador 1 de 112,5 kVA, tomando como base os resultados da Figura 40 por meio do gráfico mostrado, observa-se uma alarmante preocupação com os dados atuais, pois a curva de proteção está acima da capacidade da corrente ANSI e ainda por um intervalo de tempo muito longo, podendo ocorrer um erro de sobrecarga, ou seja, a corrente demandada pela subestação pode ultrapassar o valor máximo suportável de seus condutores, ocasionando problemas de desligamento permanente do sistema ou perda total do transformador. É importante ressaltar que esta corrente demandada será vista pelo sistema apenas como uma corrente nominal dentro dos limites estabelecidos de pleno funcionamento. Há a necessidade de se tomar uma atitude drástica e rápida quanto ao resultado obtido sobre este transformador.

Para o Transformador 2 de 500 kVA, com base nos resultados mostrados acima é necessário ser feita uma revisão quanto aos dados atuais instalados dentro da subestação da UEA–REITORIA, pois esses valores ainda não estão em estado alarmante e não demonstraram nenhuma falha pertinente, devido ao fato da potência demanda pela instalação encontrar-se com 300 kW, ou seja, com uma folga de 100 kW em comparação a demanda prevista para a parametrização do sistema de proteção, mas ainda sendo necessário levar em consideração uma revisão quanto aos parâmetros instalados para evitar falhas e perdas na instalação elétrica, e uma análise termográfica sobre suas fases e conexões de seus condutores, para evitar o aquecimento dos condutores em sua distribuição e problemas de maior gravidade, como perda de cabos condutores ou até mesmo incêndios.

Figura 43 - Parâmetro de Neutro encontrado na subestação da UEA- REITORIA



Fonte: Próprio autor.

O ponto de extrema preocupação é o valor da proteção da corrente de neutro, como visto na Figura 43, com base nos valores previamente estabelecidos no programa Excel, chega-se ao valor nominal de 4,37 A para corrente de proteção do Neutro, valor de muita discrepância em relação ao encontrado em sua programação atual no valor de 10,3 A, pois o valor que está programado é um valor muito elevado, com isto, caso ocorra um curto circuito do tipo monofásico não ocorrerá o seccionamento do sistema, pois o valor será lido como uma corrente nominal de pleno funcionamento e, manterá a subestação energizada por bastante tempo, até ser considerado como um erro, ou até mesmo nem ser desligar do sistema. Sendo essencial um procedimento rápido para a adversidade encontrada.

## CONCLUSÃO

Desde a visita técnica realizada no levantamento de dados técnicos no prédio da UEA-Reitoria, havia preocupação quanto aos valores parametrizados, pois muitas das subestações de outros prédios da UEA encontram-se em situação crítica de funcionamento comparados aos padrões regidos por normas da concessionária local (AMAZONAS ENERGIA), o que justifica tecnicamente o planejamento desse estudo, no caso, o prédio da UEA-Reitoria. Onde se pode comprovar através de cálculos, baseados na literatura disponível atual, que não apresenta adequação quanto ao seu sistema de proteção secundário.

Com base em dados técnicos de maior confiabilidade em relação a potência demandada consumida do prédio, como contas de energia, visita técnica, valores das correntes de curto circuito entregues no poste de alimentação e relatório de parametrização, tornou-se um estudo proveitoso para o ajuste da curva de proteção do prédio de maneira eficaz, de tal maneira que, fosse acessível ver a possibilidade de apresentar resultados com futuras corretivas em relação ao descuido do sistema de alimentação de energia.

A utilização do Excel como ferramenta de cálculos matemáticos facilitou bastante o processamento de dados e análises gráficas, pois por ser uma ferramenta baseada em fórmulas, bastou apenas a elaboração destas de tal maneira que ao preencher um certo valor de entrada de dados da instalação elétrica, pudesse retornar todos os valores técnicos do estabelecimento além de observar o comportamento da curva de proteção quanto aos valores presente e maior precisão aos pontos a serem observados com extrema cautela para não serem ultrapassados..

Dentro destes resultados obtidos através da ferramenta do Excel, encontra-se dois pontos alarmante quanto aos valores programados presentes em relação aos dados levantados por meio do estudo técnico, chegando a preocupação do funcionamento do prédio da UEA-Reitoria, principalmente, primeiro, ao fato da corrente de proteção do condutor NEUTRO de valor 10,3A estar acima do valor de 4,3A, assim não trazendo proteção quanto aos curto monofásicos, e segundo, a corrente que está fluindo sobre o transformador 1 de 112,5 kVA ser superior a 65,31A, valor máximo suportado pelos seus condutores no período de 2 segundos, como podem ser vistos estes resultados na secção 4 e 9 desta monografia com base em resultados técnicos.

Portanto, este estudo propõe que seja realizado uma correção quanto aos valores programados presentes dentro da subestação do prédio da UEA-Reitoria, pois a curva de proteção apresentada em sua programação não atende a sua demanda, além de apresentar

perigo de mau funcionamento quanto a sua função, colocando em risco a vida de pessoas dentro do estabelecimento em caso de falha monofásica, onde neste caso específico, que não leve ao seccionamento do circuito. Deve ser notificado o mais breve possível sobre esta falhas, para então ser elaborados a nova curva de tal maneira que venha atender ao prédio da UEA-Reitoria.

Alguns trechos podem ser melhorados e melhor incrementados, através de estudos mais aprofundados quanto ao condutor neutro e suas correntes Ansi, magnetização, temporizada e curto circuito monofásico, assim também como a possibilidade de atualização do dispositivo para outro com maior versatilidade de funções, tais como, fator de potência, sobretensão, desbalanço de fases, direcional de sobrecorrente e etc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTOÉ, Solivan. **Subestações Elétricas**. 2013. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/7306602/>>. Acesso em: 04 de out. 2019.

ATS ELÉTRICA. **Disjuntor de média tensão**. 2019. Disponível em: <<http://www.atseletrica.com.br/disjuntor-media-tensao.php>>. Acesso em: 10 de out. 2019.

CORREA, RICARDO. **Curso de proteção e parametrização de proteção secundária em subestações de 13,8 kV**. Edição do autor, 2019, primeira turma, Manaus – AM;

DOCSITY. **Manual relé urpe 7104 pextron, Manuais, Projetos, Pesquisas de Eletrotécnica**. 2019. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/manual-rele-urpe-7104-pextron /4926448 />>. Acesso em : 4 de abr. 2020.

ELECTRON. **Monitor de temperatura de trafos seco – 3 sensores PT100**. 2018. Disponível em: <<https://electron.com.br/pt-br/produtos/ep3/>>. Acesso em: 16 out.2019.

GRUPO VISION. **CEEE-D – SUBESTAÇÃO RIO GRANDE 2 – AIS – 25 MVA**. 2019. Disponível em: <<http://www.grupovision.com.br/blog/ceee-subestacao-rio-grande-2/>>. Acesso em: 04 de out. 2019.

INSTRUMENTI. **Transformador de potencial**. 2018. Disponível em: <<http://www.instrumenti.com.br/index.php/pt/133-destaque/241-transformadores-de-potencial>>. Acesso em: 20 out.2019.

KINDEMANN, Geraldo. **Proteção dos sistemas elétricos de potência**. Edição do autor, 2018, volume 01, Florianópolis – SC;

MANAUS ENERGIA. **(EDI) Sistema de proteção com relé microprocessado com função 50/51 para fase e neutro**. 2014. Disponível em: <<http://www.eletrbrasamazonas.com/cms/wp-content/uploads/2013/11/ET-003-Sistema-de-Prot.com-Rel%C3%A9-Microprocessado-com-Func-50-51-para-fase-e-Neutro-00.pdf>>. Acesso em: 25 de out. de 2019.



MANAUS ENERGIA. **(NDE-01) Norma técnica de fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão (13,8kV e 34,5kV)**. 2014. Disponível em: <<http://www.eletrabrasamazonas.com/cms/wp-content/uploads/2013/11/NDEE-01-Norma-Fornecimento-de-Energia-El%C3%A9trica-em-M%C3%A9dia-Tens%C3%A3o-138-KV-e-345-KV-00.pdf>>. Acesso em: 19 de mar. de 2020.

MANAUS ENERGIA. **(NDE-02) Norma técnica de fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão (Edificações individuais)**. 2014. Disponível em: <<http://www.eletrabrasamazonas.com/cms/wp-content/uploads/2013/11/NDEE-02-Norma-Fornecimento-Energia-El%C3%A9trica-em-Baixa-Tens%C3%A3o-Edifica%C3%A7%C3%B5es-Individuais-00.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. de 2020.

MANUTENÇÃO E SUPRIMENTOS. **O que é uma chave seccionadora?**. 2018. Disponível em: <<https://www.manutencaoesuprimentos.com.br/o-que-e-uma-chave-seccionadora/>>. Acesso em: 2 de out. 2019.

MONTENEGRO, Renan. **O que são subestações?**, 2016. Disponível em: <<https://universoeletrico.wordpress.com/2016/08/02/o-que-sao-subestacoes/>>. Acesso em: 15 de out. 2019.

MUNDO DA ELÉTRICA. **O que é fusível e quais as suas aplicações?**, 2019. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-fusivel-e-quais-as-suas-aplicacoes/>>. Acesso em: 3 de out. 2019.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Transformador de corrente TC**, 2019. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/transformador-de-corrente-tc/>>. Acesso em: 17 de out. 2019.

NBR 14039. **Instalações elétricas de média tensão 1,0 kV a 36,2 kV**. 2014. Disponível em: <[https://www.inesul.edu.br/site/documentos/instalacoes\\_eletricas\\_residenciais/normas/nbr\\_14039\\_instalacoes\\_eletricas\\_media\\_tensao.pdf](https://www.inesul.edu.br/site/documentos/instalacoes_eletricas_residenciais/normas/nbr_14039_instalacoes_eletricas_media_tensao.pdf)>. Acesso em: 01 de out. 2019.

PRUDÊNCIO, Gêssica Maria Ribeiro. **Análise de Coordenação de Relés Digitais de Sobrecorrente Utilizando Simulação Computacional**. 2016. 99 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia elétrica) – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2016.

RAGTECH. **Problemas na rede Elétrica além da falta de energia**. 2018. Disponível em: <<http://ragtech.com.br/problemas-na-rede-eletrica/>>. Acesso em: 07 de out. 2019.

SARTORI, Renan. **Proteção e seletividade de sistemas elétricos**. 2011. 117 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia elétrica) – Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SATO, FUJIO; FREITAS, WALMIR. **Análise de curto-circuito e princípios de proteção em sistemas de energia elétrica: Fundamentos e Prática**. Rio de Janeiro: Campus, 2015.

SIQUEIRA, Paulo de. **Mufla elétrica: o que é e quando a substituir?**. 2018. Disponível em: <<https://omsengenharia.com.br/noticias/mufla-eletrica/>>. Acesso em: 12 de out. 2019.

UNIVERSO ELÉTRICO. **O que são Subestações?**. 2016. Disponível em: <<https://universoeletrico.wordpress.com/2016/08/02/o-que-sao-subestacoes/>>. Acesso em: 09 de out. 2019.

VIA PORTO. **CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR 400A USO INTERNO**. 2019. Disponível em: <<http://www.viaportors.com.br/produto/chave-seccionadora-tripolar-400a-uso-interno/>>. Acesso em: 27 de out. 2019.

## ANEXO A – TABELA DE CONTA DE ENERGIA UEA-REITORIA



## Histórico de Faturamento de Alta Tensão Horosazonal Verde

CREDROR: ELETROBRAS AMAZONAS ENERGIA  
 UNIDADE GESTORA: 011304-UEA-UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
 UNIDADE CONSUMIDORA: 4973119-UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

Número da Fatura	Período	Ref. Event. 10	Sit. 10	Consumo Fora Ponta (KWh)	Consumo Ponta (KWh)	Demanda Ponta (KWh)	Demanda Ponta (KWh)	Demanda Ponta (KWh)	Demanda Ponta (KWh)	Demanda Contrada (KWh)	Fator Potência (%)	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Ponta (R\$)	Demanda (R\$)	Energia Reservada (R\$)	Multas Juros e Morat. (R\$)	Diversos (R\$)	Valor Parcelamento (R\$)	Valor Devolução (R\$)	Piscifins (R\$)	ICMS (R\$)	COSIP (R\$)	Valor Fatura (R\$)	
																								Consumo Ponta (KWh)
21991042	082019		N	60.120	3.960	126	244	302	24.785,67	0	0,00	5.626,05	5.626,05	5.013,20	1.153,70	734,08	59,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37.371,63	
20914746	072019		N	59.760	4.320	114	247	302	24.537,25	0	0,00	6.137,51	6.137,51	5.013,20	943,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36.731,69	
19790037	062019		N	51.840	2.520	126	237	302	21.372,07	0	0,00	3.580,21	3.580,21	5.013,20	1.048,82	855,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31.869,36	
18759125	052019		N	57.960	3.600	110	270	302	23.595,16	0	0,00	5.114,59	5.114,59	5.013,20	1.048,82	876,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35.947,90	
17613599	042019		N	55.440	2.880	106	273	302	22.556,24	0	0,00	4.091,67	4.091,67	5.013,20	1.153,70	792,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33.907,66	
16562954	032019		N	55.800	3.960	149	271	302	23.004,66	0	0,00	5.626,05	5.626,05	5.013,20	1.153,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34.797,61	
15544114	022019		N	50.760	3.240	112	254	302	20.528,82	0	0,00	4.803,13	4.803,13	5.013,20	943,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31.487,08	
14364943	012019		N	54.360	3.240	121	245	302	22.410,99	0	0,00	4.803,13	4.803,13	5.013,20	1.258,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33.285,90	
13302152	122018		N	45.720	2.880	97	231	302	18.548,96	0	0,00	4.091,67	4.091,67	5.013,20	1.258,58	1.472,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30.694,61	
12238353	112018		N	57.600	2.880	128	295	302	23.746,75	0	0,00	4.091,67	4.091,67	5.013,20	1.258,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34.110,20	
10886812	102018		N	77.400	3.960	151	302	302	30.757,67	0	0,00	4.504,61	4.504,61	4.996,99	1.229,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41.458,42
9906298	092018		N	59.400	2.520	99	285	285	23.575,26	0	0,00	2.842,78	2.842,78	4.695,40	1.146,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32.248,72
<b>TOTAL</b>				686.160	38.960	1.439	3.154	3.607	280.517,52	0	0,00	54.913,07	54.913,07	59.793,79	13.598,37	4.730,30	59,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	413.902,19	

Ord. Faturas: 12