

Projeto de Graduação



25 de Junho de 2019

REFORMA GERAL DE PC DE LUZ DE UM PRÉDIO RESIDENCIAL UTILIZANDO A RECON-BT LIGHT DE 2019

Renan Moura Oliveira



www.ele.puc-rio.br

REFORMA GERAL DE PC DE LUZ DE UM PRÉDIO RESIDENCIAL UTILIZANDO A RECON-BT LIGHT DE 2019

Aluno: Renan Moura Oliveira

Orientador: Mauro Schwanke da Silva

Trabalho apresentado com requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Elétrica na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família, por todo apoio, incentivo e estímulo ao longo do curso. Aos meus colegas que conheci na faculdade, independente do curso, que me ajudaram e contribuíram para minha formação, os quais sem eles não seria a mesma coisa, aos mestres e professores que guiaram todo o meu trajeto até esse momento. À instituição Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e seus funcionários por toda estrutura e por proporcionaram um ambiente propício para o meu desenvolvimento profissional e pessoal, e do meu trabalho de conclusão de curso. A todos e todas que me ajudaram, impulsionaram e apoiaram à conclusão desse ciclo.

Resumo

Projeto para Reforma Geral de um PC de luz de acordo com as exigências da Light e em conformidade com a Regulamentação para o Fornecimento de Energia Elétrica a Consumidores em Baixa Tensão (Recon-BT) de 2019.

Palavras-chave: reforma, PC de luz, Recon-BT

GENERAL PC LIGHT REFORM FOR A RESIDENTIAL BUILDING USING THE RECON-BT LIGHT OF 2019

Abstract

Project for the General Reform of a Light PC according to Light's requirements and in compliance with the Regulation for the Supply of Electricity to Low Voltage Consumers (Recon-BT) of 2019.

Keywords: refurbishment, light PC, Recon-BT

Sumário

1	Introdução	1
a	Contexto	1
b	Objetivo	1
c	Projeto	1
2	Condições Gerais de Fornecimento	2
a	Apresentação do Projeto da Instalação de Entrada Coletiva	2
b	Solicitação de Reforma	2
c	Tensão de Fornecimento	2
d	Distância Operativa	3
e	Conservação dos Materiais e Equipamentos da Instalação de Entrada	3
f	Acesso as Instalações de Entradas	3
3	Materiais Padronizados para Instalação de Entrada	4
a	Caixas de Medição Direta	4
b	Painéis para Medidores / Proteção	4
c	Caixa para Inspeção de Aterramento	5
d	Eletroduto	5
e	Condutores	5
4	Padrão de Ligação de Entradas Coletivas	6
a	Proteção Geral	6
b	Medição de Serviço	6
c	Agrupamento de Medidores	6
d	Ramal de Ligação	6
e	Ramal de Entrada	7
f	Dimensionamento de Materiais	7
5	Aterramento e Dispositivos de Proteção	8
a	Aterramento do Condutor Neutro	8
b	Interligação a Malha de Terra e Condutor de Proteção	8
c	Seção Mínima dos Condutores de Aterramento e Proteção	8
d	Eletrodo de Aterramento	9
e	Caixas de Inspeção de Aterramento	9
f	Proteção da Instalação de Entrada de Energia Elétrica	9
g	Proteção Diferencial Residual	10
6	Conclusões & trabalhos futuros	11
	Referências	12
A	Apêndice	13

Lista de Figuras

1	Corrente Máxima Admissível em Condutores de Cobre (Ampère)	13
2	Capacidade Mínima de Interrupção Simétrica dos Dispositivos de Proteção Geral de Entrada .	14
3	Dimensionamento de Materiais de Unidade Coletiva, Circuito Trifásico em Condutores Unipolares de Cobre, Isolação 70° C Antichama, Tensão 220 - 127 V	15
4	Categorias de Atendimento das Entradas Coletivas	16
5	Seção Mínima do Condutor de Proteção	17
6	Fator k para Condutor de Proteção	17
7	Unidades Consumidoras em Entradas Coletivas "Antigas" - Medição Direta	18
8	RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 1	19
9	RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 2	20
10	RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 3	21
11	RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 4	22

1 Introdução

a Contexto

Confecção de um projeto para reforma geral de um PC de luz de um prédio de 4 andares com 7 apartamentos ao total, realizado em Fevereiro de 2014, de acordo com as exigências da Light e em conformidade com a Regulamentação para o Fornecimento de Energia Elétrica para os Consumidores Atendidos em Baixa Tensão (Recon-BT) de 2019 [1].

b Objetivo

O trabalho tem a finalidade de apresentar e justificar o uso dos dispositivos de proteção, medidores, painéis, materiais padronizados e seus dimensionamentos, aterramento e condutores em conformidade com as exigências da Light.

c Projeto

O projeto consiste dos seguintes itens:

- Quadro de cargas
- Diagrama unifilar
- Planta baixa e cortes com detalhes dos agrupamentos de medição, da proteção geral de entrada, dos trajetos de linhas de dutos e circuitos de energia elétrica não medida
- Planta de localização
- Malha de aterramento
- Detalhe típico do PDMD-1 para 8 medidores

Foram consideradas as seguintes cargas por apartamento, com área de 120 m² cada:

- Luz e tomadas: 5 kW.
- Ar-condicionado split: 2 de 1 CV.
- Chuveiro elétrico: 4,5 kW.

As cargas da área de serviço do prédio:

- Luz e tomadas: 10 kW.
- Motores: 1 de 2 CV.

2 Condições Gerais de Fornecimento

a Apresentação do Projeto da Instalação de Entrada Coletiva

Nos casos de ligações, alterações de carga e reformas em entradas coletivas, deve ser apresentado, em forma digital, projeto da instalação de entrada elaborado através de software AutoCAD em formato A1, A2 ou A3, contendo:

- Tensão de fornecimento solicitada.
- Diagrama unifilar.
- Quadro de cargas.
- Avaliação da demanda.
- Planta de localização.
- Planta baixa e cortes com detalhes da proteção geral de entrada, dos agrupamentos de medição, dos trajetos de linhas de dutos e circuitos de energia elétrica não medida (distâncias ponto a ponto).
- Detalhes construtivos da malha de aterramento.

As demais informações abaixo não configuraram parte do projeto:

- Planta de situação com localização do compartimento (infraestrutura) que permita a instalação de equipamentos de transformação, proteção e outros necessários ao atendimento da(s) unidade(s) consumidora(s) da edificação, com a indicação do desenho padrão Light a ser empregado na instalação, quando for o caso.
- Detalhes construtivos assim como configuração elétrica (parte interna) de caixas e painéis especiais, quando for o caso.
- Planta baixa e cortes com detalhes da infraestrutura destinada ao sistema SMLC, quando for o caso.
- Características técnicas dos equipamentos e materiais.
- Valores de queda de tensão e perda técnica, quando for o caso.
- Circuito de iluminação das vias internas em condomínios com múltiplas edificações.
- Carta de cessão de espaço, quando for o caso.

b Solicitação de Reforma

Serviço destinado a manutenção da instalação de entrada de uma unidade consumidora, em função de modernização, falha ou necessidade de manutenção de materiais e equipamentos, decorrente de solicitação do consumidor ou notificação da Light, lembrando que a reforma não deve caracterizar alteração de carga.

Como no caso do projeto de reforma não houve a necessidade de aumentar a bitola do ramal geral de entrada, a solicitação não configura um aumento de carga, como especificado no Recon-BT [1].

c Tensão de Fornecimento

Para determinação do nível de tensão de fornecimento para a unidade consumidora devem ser observados os seguintes critérios estabelecidos pela Resolução 414/2010 [2] da ANEEL:

- Tensão secundária (baixa tensão) em rede aérea: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW.
- Tensão secundária (baixa tensão) em sistema subterrâneo: até o limite de carga conforme padrão de atendimento da distribuidora.
- Tensão primária de distribuição a 69 kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75kW e a demanda a ser contratada pelo interessado, para fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW.
- Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: quando a demanda a ser contratada pelo interessado, para fornecimento, for superior a 2.500 kW.

No caso desse projeto, a tensão de fornecimento configura na segunda situação apresentada acima, como tensão secundária (baixa tensão) em sistema subterrâneo. O fornecimento de energia elétrica em baixa tensão na área de concessão da Light é efetivado em corrente alternada, na frequência de 60 Hertz, na tensão nominal de 220 / 127 V (Redes subterrâneas a 4 fios / Urbanas), conforme podemos observar na tabela "Categorias de Atendimento das Entradas Coletivas" da figura 4. As demais tensões nominais fornecidas pela Light são os casos abaixo:

- 220 / 127 V – Redes aéreas trifásicas a 4 fios / Urbanas e Rurais.
- 220 / 127 V – Redes subterrâneas a 4 fios / Urbanas.
- 230-115 V – Redes aéreas monofásicas a 3 fios / Rurais.
- 380 / 220 V – Sistema subterrâneo dedicado / Urbano.

d Distância Operativa

Localização das caixas e painéis, no interior das edificações ou em áreas de circulação, devem possuir dimensões para que haja espaço livre mínimo de 0,70 metro, com as portas abertas, para possibilitar as condições mínimas de fuga, em caso de sinistro.

e Conservação dos Materiais e Equipamentos da Instalação de Entrada

É de responsabilidade do Consumidor, após o ponto de entrega, conforme estabelecido na Resolução 414/2010 [2] da ANEEL, manter a adequação técnica e a segurança das instalações internas da unidade consumidora.

O consumidor será responsável pela custódia dos equipamentos de medição e demais equipamentos e materiais da Light quando instalados no interior da unidade consumidora, ou, se por solicitação formal do consumidor, os equipamentos forem instalados em área exterior a mesma.

No documento consta que o consumidor será responsável por danos causados aos equipamentos de medição e demais materiais e equipamentos instalados, assim como por danos causados ao sistema elétrico da Light, decorrentes de qualquer procedimento irregular ou de deficiência técnica das instalações elétricas internas da unidade consumidora.

As instalações internas que vierem a ficar em desacordo com as normas e/ou padrões referenciados, e que ofereçam riscos à segurança de pessoas ou bens, deverão ser reformadas ou substituídas pelo consumidor.

f Acesso as Instalações de Entradas

De acordo com a documentação, o consumidor tem o dever de permitir, a qualquer tempo, o livre acesso de funcionários contratados pela Light (devidamente identificados) as instalações de entrada onde se encontram as unidades consumidoras para fins de leitura, serviços e inspeções necessárias.

3 Materiais Padronizados para Instalação de Entrada

a Caixas de Medição Direta

Destinadas a abrigar o equipamento de medição polifásico, além de outros acessórios complementares, para medição direta (até 200 A), nos casos de atendimento através de ramal de ligação aéreo ou subterrâneo.

As portas ou tampas das caixas possuem dispositivos para fixação de selos e demais materiais de segurança conforme padrão Light. Todas as caixas possuem também visores em policarbonato a fim de permitir a realização da leitura do medidor.

Para toda caixa provida de barramentos (fases, neutro e proteção), estes são dimensionados 1,25 vezes em relação a corrente da demanda máxima prevista para o material. Apresentam suportabilidade ao nível de curto-circuito máximo previsto, considerando inclusive seus efeitos térmicos e dinâmicos.

Para instalações de entrada que utilizem caixas de medição direta onde, comprovadamente não haja viabilidade técnica (sem parede frontal, por exemplo) para emprego da caixa de medição no limite da propriedade, voltada diretamente para a via pública, esta poderá ser instalada no interior da propriedade, a no máximo 1 (um) metro de distância do limite da propriedade com a via pública.

- **Caixa Polimérica para medição Direta Polifásica (CM3):**

A caixa CM3 é utilizada em ligações polifásicas com valores de corrente até 100 Amperes. A caixa instalada é fabricada integralmente em policarbonato com tampa totalmente transparente, considerando todas as especificações e ensaios necessários exigidos pela Light.

A jusante a caixa de medição CM3 foi instalada uma caixa de proteção CDJ3, conforme determinação do Recon-BT [1], voltada para a parte interna da propriedade/edificação (sem acesso externo pela via pública). Em entradas coletivas, como é o caso, possui a função de medição de serviço, conectada antes da proteção geral da edificação.

- **Caixa Polimérica para Disjuntor Polifásico (CDJ3):**

É utilizada em ligações com disjuntor trifásico de até 100 Amperes. Ela é fabricada integralmente em policarbonato com tampa totalmente transparente, considerando todas as especificações e ensaios necessários exigidos pela Light, de acordo com as normas.

A caixa foi instalada sobreposta como proteção individual a jusante (após) a caixa de medição CM3, como especificado em caso de entradas coletivas.

- **Caixa Metálica Seccionadora para Medição Direta e Disjuntos (CSMD200):**

A caixa CSMD200 é utilizada em ligações polifásicas com valores de corrente de 101 a 200 Amperes. No projeto, a CSMD200 é a medição totalizadora e proteção geral.

Ela é fabricada em aço galvanizado tratado contra corrosão com pintura eletrostática em epóxi ou similar, considerando todas as especificações e ensaios necessários e exigidos pela Light e as normas.

b Painéis para Medidores / Proteção

São aplicados em ligações novas, aumentos de carga e reformas no atendimento de unidades consumidoras com medição direta até 200 Amperes compreendidas em entradas coletivas.

São fabricados em aço galvanizado tratado contra corrosão com pintura eletrostática em epóxi ou similar ou fabricados integralmente em policarbonato com tampa totalmente transparente, considerando todas as especificações e ensaios necessários e exigidos pela Light e as normas.

As portas e/ou tampas dos painéis possuem dispositivos para fixação de selos e demais materiais de segurança conforme padrão Light.

Para todo painel provido de barramentos (fases, neutro e proteção), estes são dimensionados 1,25 vezes em relação a corrente de demanda máxima prevista para o material. Apresentam suportabilidade ao nível de curto-circuito máximo previsto, considerando inclusive seus efeitos térmicos e dinâmicos. Os painéis possuem janela para acionamento de todos os disjuntores.

Ao consumidor é permitido somente o acesso à alavanca de acionamento dos disjuntores. Não é permitido acesso interno ao painel, para fins de substituição, manutenção ou alteração da calibração dos disjuntores, sem autorização prévia da Light.

- **Painel Polimérico para Disjuntor Geral, Medidores e Disjuntores Individuais até 100 Amperes (PDMD-P):**

É utilizado para agrupamento de medidores localizado no ponto de entrega da instalação de entrada incorporando assim a proteção geral de entrada (disjuntor) da edificação.

Composto de disjuntor geral tripolar, barramento de distribuição e circuitos individuais para instalação dos medidores assim como compartimento destinado ao emprego das proteções individuais das unidades consumidoras até 100 Amperes.

c Caixa para Inspeção de Aterramento

As caixas para inspeção do aterramento são em alvenaria ou em material polimérico, sendo empregadas de forma a permitir um ponto acessível para conexão de instrumentos para ensaios e verificações das condições elétricas do sistema de aterramento.

É necessária apenas uma caixa por sistema de aterramento, na qual está contida a primeira haste da malha de terra e a conexão do condutor de interligação do neutro a malha de aterramento.

d Eletroduto

Destina-se a proteção mecânica dos condutores do ramal de entrada. É utilizado eletroduto não propagante de chama, resistente a UV etc conforme especificações técnicas contidas nas NBR's 5410 [3] e 15465 [4].

No caso da reforma, de atendimento através de ramal de ligação subterrâneo, o condutor do ramal de entrada é protegido por eletroduto rígido em PVC, até a proteção geral de entrada.

e Condutores

Os condutores utilizados são de cobre com fio rígido e classe de tensão de 0,6/1 kV. Quanto ao tipo de isolamento, os mesmos são em PVC 70° C antichama, com baixa emissão de fumaça. A ampacidade dos condutores é determinada pela tabela "Corrente Máxima Admissível em Condutores de Cobre", na figura 1.

4 Padrão de Ligação de Entradas Coletivas

Em função das características construtivas da edificação e da conveniência do consumidor, podem ser empregados diferentes tipos de configurações e sistemas de medição. Dessa forma, a solicitação para o atendimento será precedida pela aprovação do Projeto de Entrada, evitando transtornos por eventuais contradições com a regulamentação.

As caixas e painéis que compõem os padrões de ligação em entradas coletivas devem estar localizados sempre em ambiente seco, ventilado, iluminado, não inundável e que ofereça acesso livre à Light a qualquer tempo.

a Proteção Geral

O padrão de entrada coletivo deve ser sempre equipado com disjuntor de proteção geral, a fim de limitar e interromper o fornecimento de energia e assegurar proteção ao circuito que alimenta a entrada coletiva.

A proteção geral deve estar localizada a no máximo 3 (três) metros da porta de acesso da edificação (sempre no pavimento térreo). O disjuntor de proteção geral da edificação deve ser instalado em caixa padronizada conforme informado na seção 3.

Sistema de Aterramento: Em cada edificação, junto à proteção geral de entrada, como parte integrante da instalação, é obrigatória a construção de malha de terra constituída de uma ou mais hastes interligadas entre si (no solo), à qual devem ser permanentemente interligados o condutor de neutro do ramal de entrada de energia elétrica e o condutor de proteção.

O dimensionamento, instalação do sistema de aterramento bem como os dispositivos de proteção pode ser observado na seção 5.

b Medição de Serviço

Destinada a medição e registro do consumo de energia elétrica das cargas de iluminação, elevadores, bombas d'água etc., de uso comum da edificação e/ou condomínio. No caso desse projeto, o consumo de serviço é a iluminação de serviço, com uma demanda de 8 kVA, e um motor de 2 HP, com uma demanda de 2,7 kVA.

O medidor de serviço deve ser sempre instalado a montante (antes) da proteção geral de entrada da edificação sempre que houver qualquer carga de prevenção, detecção e combate a sinistro (incêndio) tais como iluminação de emergência, bombas de pressurização etc.

O medidor de serviço da edificação deve ser instalado em caixa padronizada, conforme especificado na seção 3.

c Agrupamento de Medidores

O padrão de medição em entradas coletivas é através de agrupamentos de medidores no pavimento térreo sempre instalados no mesmo ambiente/junto da proteção geral.

Os medidores devem ser instalados em um ou mais agrupamentos, montados em painéis de medição do tipo PDMD (com a proteção geral incorporada ao painel) conforme informado na seção 3.

d Ramal de Ligação

Conjunto de condutores e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede de distribuição da Light e o ponto de entrega. O ramal de ligação deve ser fornecido e instalado pela Light. A cada entrada de energia elétrica deve ser concedido um único ramal de ligação.

O ramal de ligação subterrâneo deve ser instalado pela Light até o primeiro ponto de conexão da instalação de entrada.

Nesse caso, de atendimento com ramal de ligação subterrâneo derivado de rede subterrânea, o ponto de entrega é fixado no limite da propriedade com a via pública no que se refere ao cumprimento das responsabilidades estabelecidas na Resolução 414/2010 [2] da ANEEL. Entretanto, considerando a necessidade técnica de evitar a realização de emendas entre os ramais de ligação e de entrada junto ao limite de

propriedade, a Light realiza a instalação contínua do ramal de ligação até o primeiro ponto de conexão interno ao consumidor.

O ramal de ligação oriundo de rede de distribuição subterrânea deve ser obrigatoriamente subterrâneo, fornecido e instalado pela Light no trecho entre a rede de distribuição e o primeiro ponto de conexão da instalação de entrada.

e Ramal de Entrada

Conjunto de condutores e acessórios instalados pelo consumidor entre o ponto de entrega e as unidades consumidoras. Os condutores do ramal de entrada devem ser dimensionados, fornecidos e instalados sempre pelo consumidor considerando as especificações técnicas contidas na regulamentação.

A perda técnica máxima permissível nos condutores do ramal de entrada, seja através de cabos ou através de barramento blindado (bus way), entre o ponto de entrega e os medidores individuais, não deve ser superior a 3 (três)

A queda de tensão admissível, após o ponto de entrega, deverá obedecer aos limites estabelecidos na NBR 5410 [3]. Os valores de queda de tensão deverão ser observados pelo responsável técnico do projeto elétrico.

Condutores do Ramal de Entrada: Os condutores devem ser em cobre com classe de encordoamento nº 2 e classe de tensão de 0,6/1 kV. Os condutores nas classes de encordoamento 4 ou 5, podem ser utilizadas pelo responsável técnico contratado pelo Consumidor desde que utilizados conectores terminais de compressão, exceto quando se tratar de conexões com ramal de ligação aéreo.

Quanto ao tipo de isolamento, os mesmos poderão ser em PVC 70º C antichama, com baixa emissão de fumaça, considerando a aplicação e o tipo de ocupação, se em eletroduto, eletrocalha sem ventilação etc.

f Dimensionamento de Materiais

Para dimensionar os materiais, segue-se a tabela de "Dimensionamento de Materiais de Unidade Coletiva, Circuito Trifásico em Condutores unipolares de Cobre, Isolação 70º C Antichama, Tensão 220 - 127 V", figura 3, para calcular a seção em mm². No caso desse projeto, como a demanda de atendimento é menor do que 38 kVA, que configura a primeira linha da tabela, foi utilizado 1 circuito de 3 fases mais o neutro com seção de 35 mm².

5 Aterramento e Dispositivos de Proteção

O sistema de aterramento é a ligação elétrica intencional com a terra, podendo ser com os seguintes objetivos:

- Funcionais: ligação do condutor neutro à terra.
- Proteção: ligação à terra das partes metálicas (carcaças) não destinadas a conduzir corrente elétrica.

O consumidor deve prover em sua instalação, uma infraestrutura de aterramento, denominada “eletrodo de aterramento”.

O Sistema de Aterramento ou somente Aterramento deve ser concebido de modo que seja confiável e satisfaça os mínimos requisitos de segurança às pessoas (conforme NBR 5410 [3]), uma vez que tem por objetivo de conduzir correntes e descargas elétricas de qualquer origem, sejam descargas atmosféricas, correntes de fuga, correntes de curto-circuito, danos em condutores vivos, ou qualquer outro meio de descarga que possa direta ou indiretamente levar alguma ameaça à segurança as instalações e principalmente as pessoas.

a Aterramento do Condutor Neutro

Em cada edificação, junto à proteção geral de entrada, como parte integrante da instalação, é obrigatória a construção de malha de terra constituída de uma ou mais hastes interligadas entre si (no solo), à qual devem ser permanentemente interligados os condutores de neutro do ramal de energia elétrica e o de proteção.

b Interligação a Malha de Terra e Condutor de Proteção

O sistema de aterramento praticado pela regulamentação é o TN-S, onde os condutores de neutro e de proteção são interligados e aterrados na malha de terra principal da edificação, junto à proteção geral de entrada.

O condutor neutro não pode ser interligado ao condutor de proteção em outros pontos diferentes do ponto junto à proteção geral de entrada, todavia o condutor de proteção pode ser multiaterrado a outras malhas existentes na edificação, exceto a malha de aterramento destinada ao sistema de proteção contra descargas atmosféricas (para-raios da edificação), sem nenhum prejuízo para o sistema de proteção diferencial residual.

O condutor de interligação à malha de aterramento deve ser em cobre classe de encordoamento nº 2, de seção mínima conforme estabelecido nas tabelas de dimensionamento. Não devem conter emendas, ou quaisquer dispositivos que possam causar a sua interrupção.

A proteção mecânica do trecho de condutor que interliga o condutor de neutro à malha de aterramento, deve ser feita através de eletroduto de PVC rígido.

O condutor de proteção deve ser em cobre, isolado na cor verde ou verde e amarela, classe de encordoamento nº 2, de seção mínima dimensionada conforme estabelecido na regulamentação, devendo percorrer toda a instalação interna e ao qual devem ser conectadas todas as partes metálicas (carcaças) não energizadas das caixas e painéis metálicos, dos aparelhos elétricos existentes, bem como o terceiro pino (terra) das tomadas dos equipamentos elétricos, de acordo com as prescrições atualizadas da NBR – 5410 [3].

Somente na entrada da instalação é que a barra de proteção e a barra de neutro devem estar conectadas à malha de aterramento principal, bem como também interligadas entre si internamente à caixa/painel. Após esse conjunto inicial, não é permitido que o condutor de proteção e o condutor de neutro sejam interligados, de forma a não provocar a perda da seletividade quando houver proteções diferenciais residuais.

A conexão dos condutores de interligação da barra de neutro e da barra de proteção à malha de aterramento deve ser feita através de conectores que utilizem materiais não ferrosos, de forma a evitar processos corrosivos.

c Seção Mínima dos Condutores de Aterramento e Proteção

A seção dos condutores de aterramento e proteção não devem ser inferiores aos valores determinados pela expressão seguinte, aplicável apenas para tempos de seccionamento que não excedam 5 s, ou selecionada de acordo com a tabela da figura 5.

Deve ser construída uma malha de aterramento com no mínimo 6 (seis) hastes de aço cobreadas com seção de 5/8" com comprimento de 2,40 m, interligadas entre si por condutor de cobre nu, classe de encordoamento nº 2, com espaçamento entre hastes superior ou igual ao comprimento da haste utilizada.

No projeto da reforma, a seção dos condutores de aterramento é de 25 mm².

$$S = \frac{\sqrt{I^2 * t}}{k}$$

S = Seção do condutor, em mm².

I = Valor eficaz (CA) da corrente máxima de falta (curto-circuito), em ampères.

t = Tempo de atuação da proteção, em segundos.

k = Fator que depende do material do condutor de proteção, de sua isolamento e outras partes e das temperaturas inicial e final.

Caso a aplicação da expressão resulte em seções não padronizadas, devem ser utilizados condutores com a seção padronizada imediatamente superior.

Na tabela "Fator k para Condutor de Proteção", figura 6, são apresentados valores típicos de "k" para cabos na classe de tensão 0,6/1 kV com condutor de cobre isolado, tanto em PVC, quanto em XLPE ou EPR.

d Eletrodo de Aterramento

Deve ser empregada uma ou mais hastes de aço cobreada com comprimento de 2,40 metros e seção mínima de 5/8", interligadas entre si (no solo). No projeto utilizaram-se 6 hastes de aterramento.

e Caixas de Inspeção de Aterramento

As caixas para inspeção do aterramento devem ser em alvenaria ou em material polimérico, sendo empregadas de forma a permitir um ponto acessível para conexão de instrumentos para ensaios e verificações das condições elétricas do sistema de aterramento.

É necessária apenas uma caixa por sistema de aterramento, na qual deve estar contida a primeira haste da malha de terra e a conexão do condutor de interligação do neutro a malha de aterramento.

f Proteção da Instalação de Entrada de Energia Elétrica

As recomendações a seguir são baseadas nas diretrizes da Associação Brasileira de Normas Técnicas e estão estabelecidas na NBR 5410 [3] – Instalações elétricas de baixa tensão, caracterizada como responsabilidade do responsável técnico.

Devem ser utilizados somente disjuntores que satisfaçam as especificações técnicas contidas nas normas NBR IEC 60947-2 [5] e NBR IEC 60898 [6] e que sejam certificados pelo INMETRO, quando for o caso.

Proteção Contra Sobrecorrentes: Dispositivo capaz de prover simultaneamente proteção contra correntes de sobrecarga e de curto-circuito. Deve ser dimensionado e instalado para proteção geral da entrada de energia elétrica, em conformidade com as normas da ABNT.

Nas entradas coletivas, na existência de medição totalizadora, o disjuntor de proteção geral deve estar eletricamente conectado a jusante (após) da mesma.

Os disjuntores de proteção geral de entrada devem ser instalados em caixas padronizadas pela Light com seu respectivo ambiente selado, de modo que impeça sua substituição ou a alteração da calibração do equipamento sem a devida autorização da Light.

g Proteção Diferencial Residual

Dispositivo capaz de prover proteção contra correntes de fuga. O dispositivo de proteção diferencial residual deve ser, assim como a proteção geral de entrada, instalado em caixa padronizada pela Light com seu respectivo ambiente também selado.

Para que a proteção diferencial residual não perca a seletividade entre os diversos disjuntores com função diferencial ao longo do sistema elétrico da unidade consumidora, o condutor de neutro não deve ser aterrado em outros pontos a jusante do primeiro e único ponto de aterramento permitido, que é o ponto junto à proteção geral de entrada.

A proteção diferencial residual pode ser efetivada com disjuntor do tipo DDR que inclui as funções: térmica (sobrecarga), magnética (curto-circuito) e diferencial residual (fuga).

Opcionalmente a proteção diferencial residual pode ser viabilizada através do uso de dispositivo IDR em série com um disjuntor termomagnético (sobrecarga e curto-circuito), já que o dispositivo IDR não apresenta a função magnética (curto-circuito).

Alternativa para a proteção diferencial residual, em especial nas entradas consumidoras com correntes elevadas, é a utilização de um disjuntor termomagnético (sobrecarga e curto-circuito) equipado com bobina de disparo associada a um dispositivo para corrente diferencial residual (TC e relé de corrente com ajuste compatível para a corrente de fuga instalado no condutor de proteção). A proteção diferencial residencial deve estar em conformidade com as normas brasileiras aprovadas pela ABNT, mantidas as suas atualizações. A proteção diferencial, além de diminuir significativamente a possibilidade de choques elétricos em seres vivos, principalmente se considerados os equipamentos/eletrodomésticos com baixo nível de isolamento onde o aterramento através do condutor de proteção antecipa o desligamento do circuito antes que este seja tocado, também se mostra bastante eficiente contra a possibilidade de curto-circuito e alta impedância (baixo valor de corrente) que gera uma falsa sobrecarga e, em algumas situações, inclusive o estabelecimento de arco à terra, o que pode ocasionar incêndio na edificação.

6 Conclusões & trabalhos futuros

O trabalho teve como objetivo apresentar as normas mais recentes de regulamentação fornecidas pela Light neste ano de 2019 que se enquadram no projeto de reforma de um PC de luz, com aumento de carga, realizado no ano de 2014. Foram estudadas, analisadas e expostas aqui as práticas e convenções em conformidade com a Regulamentação para Fornecimento de Energia Elétrica a Consumidores em Baixa Tensão (RECON-BT 2019) [1], como as condições gerais de fornecimento, que incluem como o projeto deve ser apresentado à Light: a solicitação de reforma (tensão de fornecimento da prestadora de serviço e outras normas técnicas), como devem ser instalados os materiais padronizados de entrada (as caixas de medição direta, painéis para medidores, caixas para inspeção de aterramento, eletroduto e os condutores), os padrões de ligação em caso de entradas coletivas (proteção geral, medição de serviço, agrupamento de medidores, ramais de ligação e de entrada) e como se realiza o aterramento e dispositivos de proteção (condutor neutro, interligação de malhas e condutores de proteção, caixas de inspeção de aterramento, proteção da instalação de entrada e proteção diferencial residual).

Ao fim, constata-se que não há discrepâncias entre o projeto realizado em 2014 e as normas mais recentes da Light. Nas figuras "RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 1", "RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 2", "RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 3" e "RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 4" do apêndice, se apresentam o quadro de cargas, diagrama unifilar, cálculo de demanda, cálculo de demanda de serviço, quadro de cargas total do agrupamento, demanda total do agrupamento, demanda do ramal, detalhe típico da malha de terra, planta de localização (sem escala), detalhe típico do PDMD-1 para 8 medidores (sem escala) e o detalhe de montagem (sem escala). Verifica-se que o projeto se encontra de acordo com as normas apresentadas neste trabalho.

Referências

- [1] C. de Engenharia, "Regulamentação para o Fornecimento de Energia Elétrica para os Consumidores Atendidos em Baixa Tensão." *Gerência de Engenharia e Expansão da Rede de Distribuição*, 2019.
- [2] A. N. de Energia Elétrica, "Resolução Normativa nº 414/2010 - Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica." *ANEEL*, 2010.
- [3] A. B. de Normas e Técnicas, "ABNT NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão." *ABNT*, 2004.
- [4] —, "ABNT NBR 15465 - Sistemas de Eletrodutos para Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Requisitos de Desempenho." *ABNT*, 2007.
- [5] —, "ABNT NBR IEC 60947-2 - Dispositivos de Manobra e Comando de Baixa Tensão." *ABNT*, 1997.
- [6] —, "ABNT NBR IEC 60898 - Disjuntores para Proteção de Sobrecorrentes para Instalações Domésticas e Similares." *ABNT*, 1998.

A Apêndice

SEÇÃO (Cu -mm ²)	PVC		EPR – XLPE
	Temperatura do condutor 70°C Temperatura ambiente 30°C Temperatura do solo 20°C		Temperatura do condutor 90°C Temperatura ambiente 30°C Temperatura do solo 20°C
	Ao Ar Livre	3 Condutores Unipolares em Eletroduto embutido em alvenaria ou em eletrocalha sobre parede	3 Condutores Unipolares em Eletroduto embutido em alvenaria ou em eletrocalha sobre parede
6	51	36	48
10	71	50	66
16	97	68	88
25	130	89	117
35	162	110	144
50	197	134	175
70	254	171	222
95	311	207	269
120	362	239	312
150	419	275	358
185	480	314	408
240	569	370	481
300	659	426	553
500	920	587	760

Figure 1: Corrente Máxima Admissível em Condutores de Cobre (Ampère)

CONDUTOR DO RAMAL DE ENTRADA (Cu - mm²) (1)	SISTEMA DE FORNECIMENTO EM BAIXA TENSÃO (com lance de circuito de 15 metros)			
	AÉREO	SUBTERRÂNEO		
	RADIAL	RADIAL	RETICULADO GENERALIZADO	RETICULADO DEDICADO
10	5 kA	15 kA	15 kA	(2)
16				
25	10 kA			
35				
50	15 kA	25 kA	25 kA	
70				
95	20 kA	30 kA	40 kA	
120				
150		40 kA	50 kA	
185				
Maiores bitolas	25 kA	(2)	(3)	

Figure 2: Capacidade Mínima de Interrupção Simétrica dos Dispositivos de Proteção Geral de Entrada

Faixa da Demanda de atendimento "D" (kVA)	Proteção Geral (A)	<u>Circuito (3 Fases + Neutro) em eletroduto de PVC sobreposto</u> eletroduto embutido em alvenaria ou eletrocalha (n° circuitos x seção mm ²)	<u>Circuito (3 Fases + Neutro) em bandeja perfurada</u> (método F - NBR 5410) (n° circuitos x seção mm ²)
$D \leq 38$	100	1 x 35	1 x 25
$38 < D \leq 47$	125	1 x 50	1 x 35
$47 < D \leq 57$	150	1 x 70	1 x 50
$57 < D \leq 66$	175	1 x 95	1 x 70
$66 < D \leq 76$	200	1 x 95	1 x 70
$76 < D \leq 85$	225	1 x 120	1 x 95
$85 < D \leq 95$	250	1 x 150	1 x 95
$95 < D \leq 114$	300	1 x 185	1 x 120
$114 < D \leq 133$	350	1 x 240	1 x 150
$133 < D \leq 150$	400	2 x 150	1 x 185
$150 < D \leq 190$	500	2 x 185	1 x 240
$190 < D \leq 225$	600	2 x 240	2 x 150
$225 < D \leq 266$	700	3 x 240	2 x 185
$266 < D \leq 304$	800	4 x 185	2 x 240
$304 < D \leq 381$	1000	5 x 240	3 x 185
$381 < D \leq 457$	1200	6 x 240	3 x 240
$457 < D \leq 571$	1500	7 x 240 ou 4 x 500	4 x 240
$571 < D \leq 609$	1600	8 x 240 ou 4 x 500	5 x 240
$609 < D \leq 762$	2000	10 x 240 ou 6 x 500	6 x 240
$762 < D \leq 952$	2500	13 x 240 ou 8 x 500	7 x 240 ou 5 x 500
$952 < D \leq 1143$	3000	17 x 240 ou 9 x 500	9 x 240 ou 5 x 500

Figure 3: Dimensionamento de Materiais de Unidade Coletiva, Circuito Trifásico em Condutores Unipolares de Cobre, Isolação 70° C Antichama, Tensão 220 - 127 V

Tensão de fornecimento	Categoria de atendimento	Demanda (kVA) (1)
220/127 V (Urbano)	UM1 (1) (3)	$D \leq 5$
	UM2 (1)	$5 < D \leq 8$
	UB1 (1) (2)	$D \leq 8$
	T	$8 < D \leq 76$
	TI	$D > 76$
230 – 115 V (Rural)	RM1 (1) (3)	$D \leq 4$
	RM2 (1) (3)	$4 < D \leq 9$
	RM3 (1)	$9 < D \leq 14$
380/220 V (Urbano especial)	UME1 (1)	$D \leq 8$
	UME2 (1)	$8 < D \leq 13$
	TE	$D > 13$

Onde:

- UM** - Urbano Monofásico
- UB** - Urbano Bifásico
- T** - Trifásico (medição direta)
- TI** - Trifásico (medição indireta)
- D** - Demanda avaliada a partir da carga instalada
- RM** - Rural Monofásico
- UME** - Urbano Monofásico Especial
- TE** - Trifásico Especial

Figure 4: Categorias de Atendimento das Entradas Coletivas

SEÇÃO "S" DOS CONDUTORES FASE DA INSTALAÇÃO (mm ²)	SEÇÃO MÍNIMA DO CONDUTOR DE PROTEÇÃO (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	0,5 x S

Figure 5: Seção Mínima do Condutor de Proteção

MATERIAL DO CONDUTOR	FATOR "k"	
	MATERIAL DA ISOLAÇÃO	
	PVC	XLPE ou EPR
Cobre	115 / 103*	143

(*) O valor mais baixo aplica-se a condutores com seção maior que 300 mm².

NOTAS:

- 1) A temperatura inicial considerada para o condutor isolado com PVC antes da falta é de 70 °C.
- 2) A temperatura máxima final admissível para o condutor isolado com PVC é 160 °C.
- 3) A temperatura inicial considerada para o condutor isolado com XLPE ou EPR antes da falta é de 90 °C.
- 4) A temperatura máxima final admissível para o condutor isolado com XLPE ou EPR é 250 °C.
- 5) A temperatura ambiente considerada é 30°C.

Figure 6: Fator k para Condutor de Proteção

TENSÃO NOMINAL (V)	CATEGORIA DE ATENDIMENTO	DEMANDA DE ATENDIMENTO "D" (kVA)	Eletroduto entre a CD e a medição PVC liso ou aço corrugado (ϕ em polegadas)	PROTEÇÃO GERAL INDIVIDUAL (Ampères - N° de polos) (1) (2)	PADRÃO DE LIGAÇÃO	Condutor dos circuitos de saída após a medição (fases + neutro) (mm ² - Cu - PVC 70°C) (3)
127 1 ϕ	UM1	$D \leq 3,3$	1"	30 - 1 ϕ	CM1 + CDJ 1	3 (1 x 6)
	UM2	$3,3 < D \leq 4,4$		40 - 1 ϕ		3 (1 x 10)
	UM3	$4,4 < D \leq 6,6$		60 - 1 ϕ		3 (1 x 16)
	UM4	$6,6 < D \leq 8$		70 - 1 ϕ		3 (1 x 25)
220 3 ϕ	T1	$D \leq 10$	1 1/2"	30 - 3 ϕ	CM3 + CDJ 3	4 (1 x 6)
	T2	$10 < D \leq 13,3$		40 - 3 ϕ		4 (1 x 10)
	T3	$13,3 < D \leq 19,9$		60 - 3 ϕ		4 (1 x 16)
	T4	$19,9 < D \leq 23,2$		70 - 3 ϕ		4 (1 x 25)
	T5	$23,2 < D \leq 33,1$	2"	100 - 3 ϕ	CM 200 +CPG200	4 (1 x 35)
	T6	$33,1 < D \leq 41,4$	3"	125 - 3 ϕ		4 (1 x 50)
	T7	$41,4 < D \leq 49,7$		150 - 3 ϕ		4 (1 x 70)
	T8	$49,7 < D \leq 58$	4"	175 - 3 ϕ		4 (1 x 95)
	T9	$58 < D \leq 66,3$		200 - 3 ϕ		4 (1 x 95)
220 1 ϕ	UME1	$D \leq 5,7$	1"	30 - 1 ϕ	CM1 + CDJ 1	3 (1 x 6)
	UME2	$5,7 < D \leq 7,7$		40 - 1 ϕ		3 (1 x 10)
	UME3	$7,7 < D \leq 11,5$		60 - 1 ϕ		3 (1 x 16)
	UME4	$11,5 < D \leq 13,4$		70 - 1 ϕ		3 (1 x 25)
380 3 ϕ (3)	TE1	$D \leq 17,2$	1 1/2"	30 - 3 ϕ	CM3 + CDJ 3	4 (1 x 6) + P
	TE2	$17,2 < D \leq 22,9$		40 - 3 ϕ		4 (1 x 10) + P
	TE3	$22,9 < D \leq 34,3$		60 - 3 ϕ		4 (1 x 16) + P
	TE4	$34,3 < D \leq 40,1$		70 - 3 ϕ		4 (1 x 25) + P
	TE5	$40,1 < D \leq 57,2$	2"	100 - 3 ϕ	CM 200 +CPG200	4 (1 x 25) + P
	TE6	$57,2 < D \leq 71,5$	3"	125 - 3 ϕ		4 (1 x 35) + P
	TE7	$71,5 < D \leq 85,8$		150 - 3 ϕ		4 (1 x 50) + P
	TE8	$85,8 < D \leq 100,2$	4"	175 - 3 ϕ		4 (1 x 70) + P
	TE9	$100,2 < D \leq 114,5$		200 - 3 ϕ		

Figure 7: Unidades Consumidoras em Entradas Coletivas "Antigas" - Medição Direta

QUADRO DE CARGAS

IDENTIFICAÇÃO	ÁREA	LUMINOSIDADE E TEMPERATURA CÓLOR K/MV	RESISTIVO Ω/UNIT X MV	AP. COND QUANT. X CV	MOTORES QUANT. X CV	TOTAL KW	DEMANDA KVA	PROT. A	CONDUTOR Nº E T x A (mm²)	Nº FASIS	CAIXA TIPO	TIPO DE SERV. SOLICITADO
UNIDADE	120	1 X 4,50	2 X 1	-	11,00	11,00	10,44	40	4 X 10,0	3	PBMC-1	A. CARGA
AP-101	120	1 X 4,50	2 X 1	-	11,00	11,00	10,34	40	4 X 10,0	3	PBMC-1	RELOCACAO
AP-201	120	3,50	1 X 4,50	2 X 1	-	11,00	10,34	40	4 X 10,0	3	PBMC-1	A. CARGA
AP-202	120	3,50	1 X 4,50	2 X 1	-	11,00	10,34	40	4 X 10,0	3	PBMC-1	A. CARGA
AP-301	120	3,50	1 X 4,50	2 X 1	-	11,00	10,34	40	4 X 10,0	3	PBMC-1	RELOCACAO
AP-302	120	3,50	1 X 4,50	2 X 1	-	11,00	10,34	40	4 X 10,0	3	PBMC-1	A. CARGA
AP-401	120	3,50	1 X 4,50	2 X 1	-	11,00	10,34	40	4 X 10,0	3	PBMC-1	A. CARGA
AP-402	120	3,50	1 X 4,50	2 X 1	-	11,00	10,34	40	4 X 10,0	3	PBMC-1	A. CARGA
SUB-TOTAL	840	24,50	31,50	21,00	-	77,00	23,35	100	4 X 35,0	3	PBMC-1	A. LIGAR
SERVIDO	100	10,00	-	-	1 X 2	13,00	10,70	40	4 X 10,0	3	CAN-CD-2	A. DE CARGA
TOTAL	940	34,50	31,50	21,00	3,00	90,00	30,73	100	4 X 35,0	3	PBMC-1	A. LIGAR

OBS: O MEDIDOR NÚMERO 1739315 DA COBERTURA SERÁ DESLIGADO.

CÁLCULO DE DEMANDA

MEDIDOR TRIFÁSICO-40A

DESCRIÇÃO DE CARGA	CÁLCULO DE DEMANDA
ILUMINAÇÃO E TOMADA 3600W	D1 (0,80 + 0,75/0,65 + 0,80) X 1 2,80 KVA
APARELHO RESISTIVO 1 CHUVEIRO DE 4.500 W	D2 1 X 4,50 X 1 4,50 KVA
AR CONDICIONADO DE JANELA 2 AR COND. DE 1 HP	D3 2 X 1,55 X 1 3,04 KVA
AR COND. CENTRAL	D4 —
MOTOR	D5 —
MAQUINA DE SÓLDA	D6 —
DT= D1+D2+D3+D4+D5= 2,80 +4,50+ 3,04 = 10,34KVA	

DESCRIÇÃO DE CARGA ILUMINAÇÃO E TOMADA	CALCULO DE DEMANDA
10.000 W	D1 10.000 x 0,80 8.000 KVA
APARELHO RESISTIVO	D2 —
AR CONDICIONADO DE JANELA	D3 —
AR COND. CENTRAL	D4 —
MOTOR 1 MOTOR DE 2 HP	D5 1 X 2,70 X 1 2,70 KVA
MAQUINA DE SOLDA	D6 —
DT= D1+D2+D3+D4+D5= 8.000 + 2,70 = 10.70 KVA	

QUADRO DE CARGAS TOTAL -AGRUPAMENTO

TIPO DE CARGA	ILUM.	RESISTIVO		CARGA INDUTIVA		TOTAL (kW)
		QUANT.	CARGA (kW)	QUANT.	CARGA (kW)	
LEVADO	6,60	-	-	03	4,50	11,10
A LUGAR	9,20	02	9,00	05	7,50	25,70
TOTAL	15,80	02	9,00	08	12,00	38,80

$$\text{DRAMAL} = (23.45 + 10.70) \times 0.90 = 30.73 \text{ kVA}$$

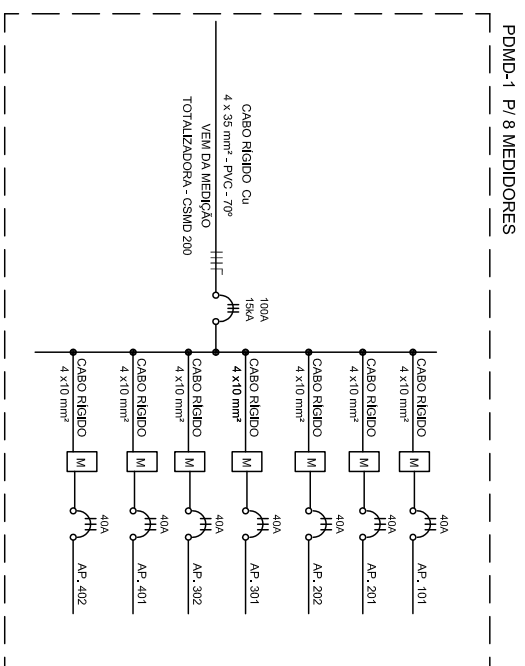
DEMANDA DO RAMAL

$$\Delta U (\%) = \frac{\Delta U_{p.u.} \times L \times I \times 100 [\%]}{U}$$

$$\Delta U (\%) = \frac{1.09 \times 0.006 \times 100 \times 100}{220}$$

$$\Delta U (\%) = 0.29$$

DIAGRAMA UNIFILAR



DEMANDA TOTAL DO AGRUPAMENTO

TABELA 7A (121m³) = 3.47
TABELA 8 (07 medidores) = 6.76

DAQ. = 3.47 x 6.76 = 23.45 KVA
PROTEÇÃO 3Ø / 100A - 15 KA

CABO RÍGIDO 4 X 35.0mm²

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO

*Fonte site Cor Fio - Tabela 16

CLIENTE:	ADRIANE DA SILVA RIBEIRO		
TITULO:	CENTRO DE MEDIÇÃO COM 08 MEDIDORES TENSÃO DE FORNECIMENTO EM 220/127V		
SUBTITULO:	CÁLCULO DE DEMANDA - QUADRO DE CARGA E DIAGRAMA UNIFILAR		
ENCOMENDADOR:	RUA ALBERTO DE CAMPOS Nº 64 IPANEMA - RJ		
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	CREA:	DATA:	ESCALA:
GISELE DA SILVA PEREIRA	1997105664-2	23/02/2014	INDICADA
ASSINATURA:	TOTAL:	07104	

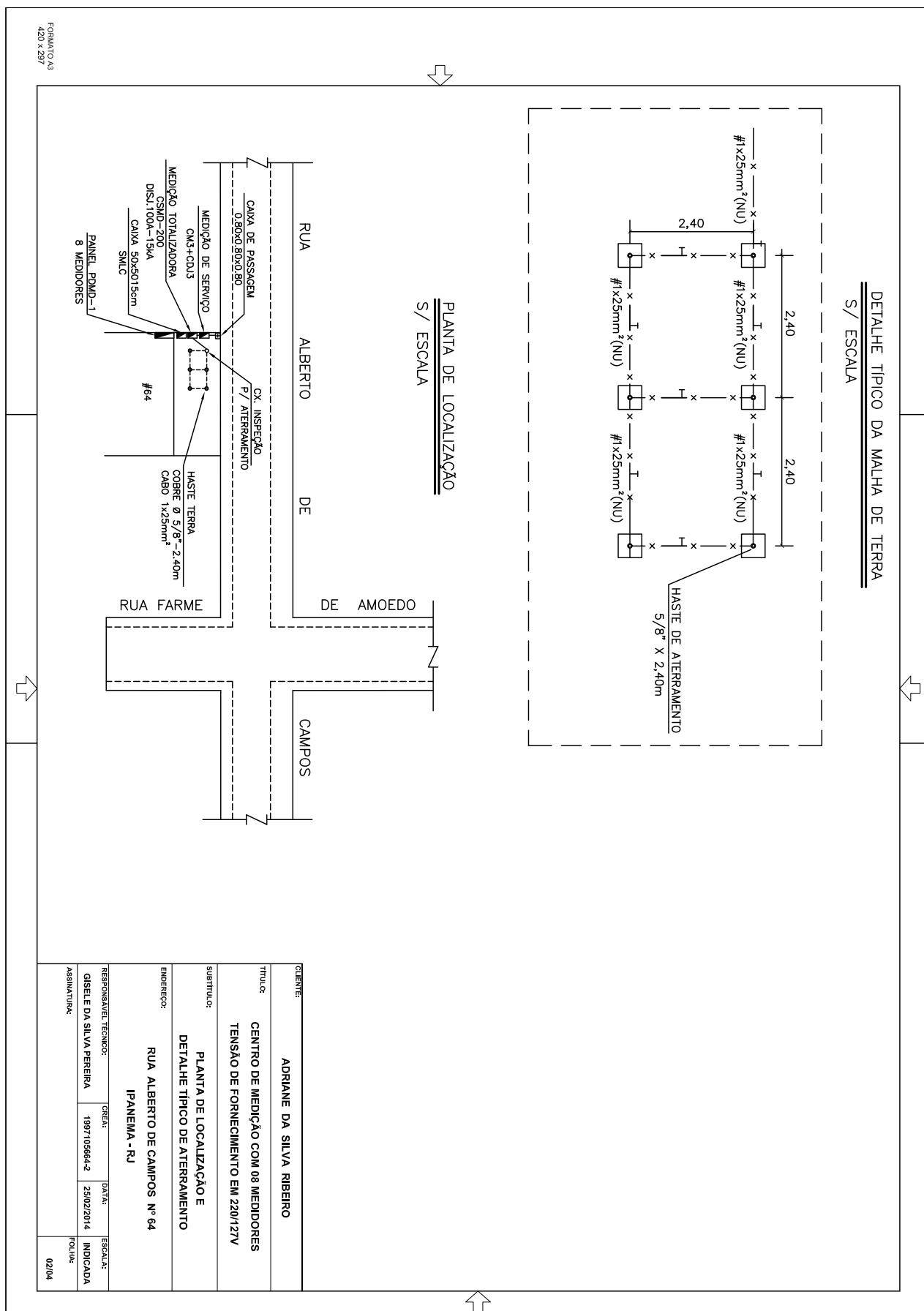


Figure 9: RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 2

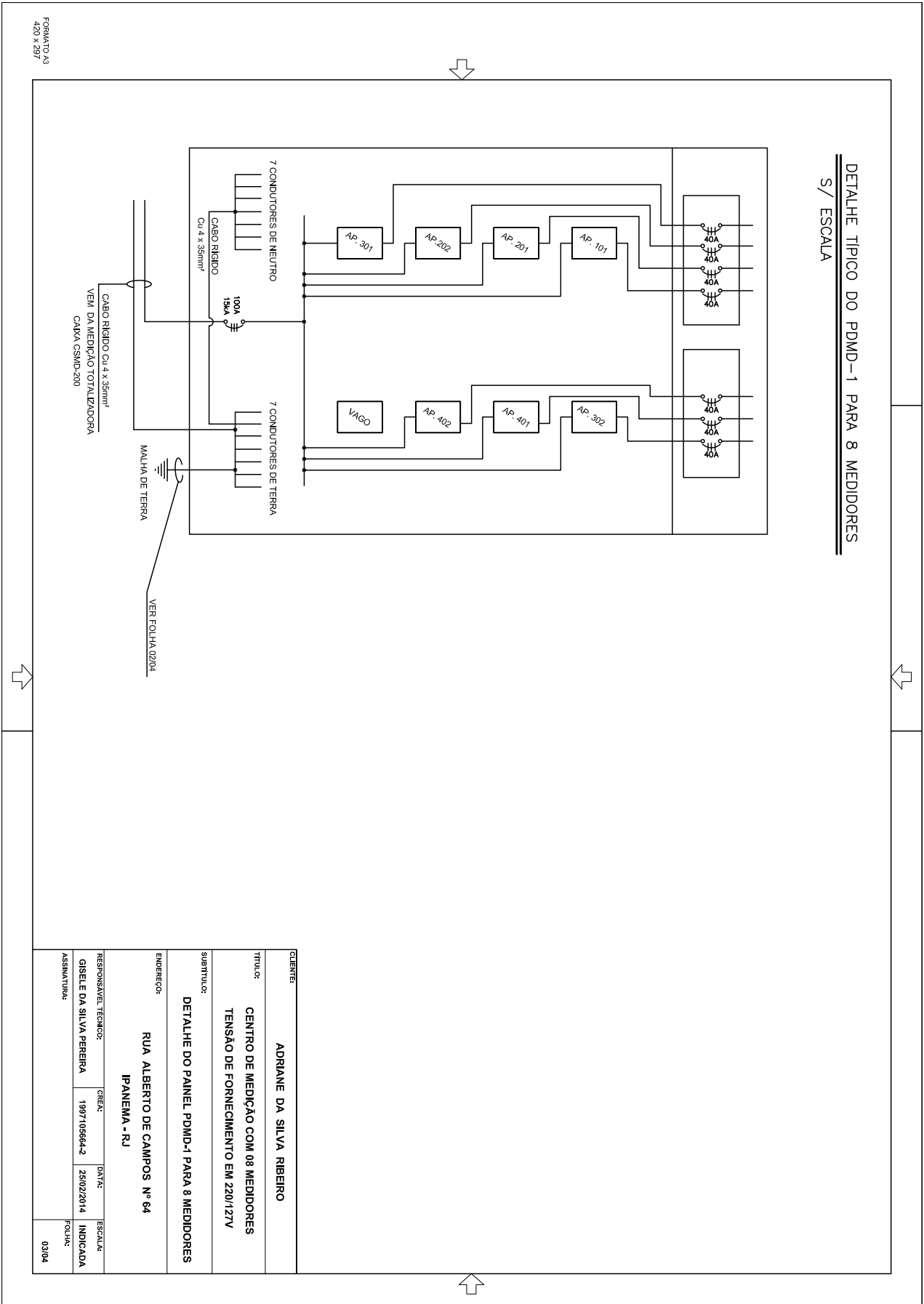


Figure 10: RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 3

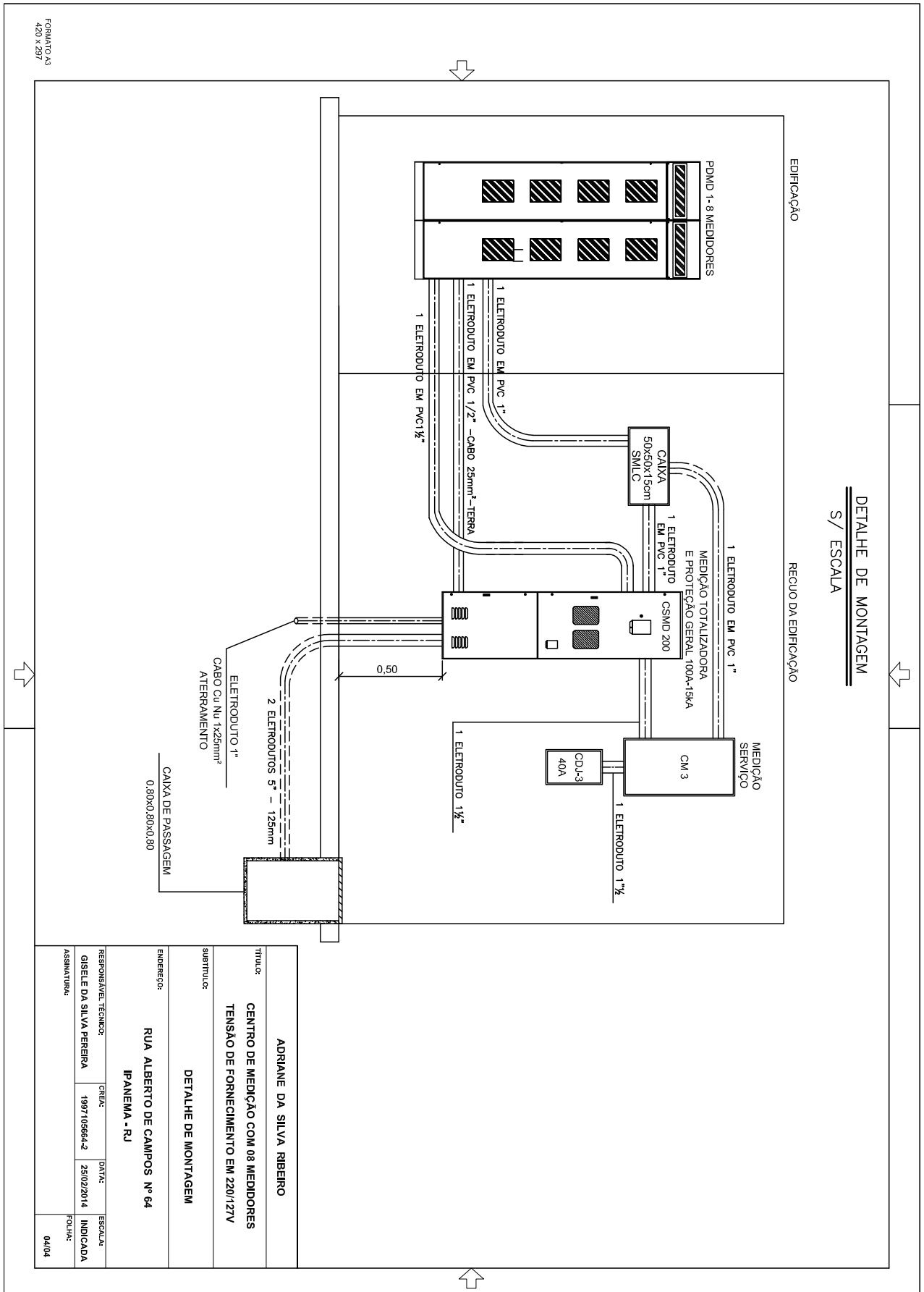


Figure 11: RUA ALBERTO DE CAMPOS 64 Layout 4