



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Laboratório de Alta Tensão

MARCUS TULIUS BARROS FLORENTINO

ELABORAÇÃO DE TUTORIAL PARA O ENSINO DE UMA
FERRAMENTA CAD EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Campina Grande, Paraíba.
Abril de 2014

MARCUS TULIUS BARROS FLORENTINO

ELABORAÇÃO DE TUTORIAL PARA O ENSINO DE UMA
FERRAMENTA CAD EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de concentração: Ensino de Engenharia

Orientador:
Professor Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba.
Abril de 2014

MARCUS TULIUS BARROS FLORENTINO

ELABORAÇÃO DE TUTORIAL PARA O ENSINO DE UMA FERRAMENTA CAD EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de concentração: Ensino de Engenharia

Aprovado em: 01/04/2014

Professor Convidado
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha mãe, Rita de
Cássia, com quem aprendi o que é justo e bom.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao bom Deus, Senhor das Vidas, pela oportunidade do aprendizado.

A Jesus, pelos ensinamentos constantes.

Aos meus pais, Cícero e Rita, e aos meus irmãos, Mariana e Vinícius, por serem o farol de minha vida, a base de minha existência e onde o meu coração está.

A Ádriah, alma gêmea da minha, luz dos meus dias, pelo abraço sincero, pelo carinho de todas as horas e por me ensinar a ser cada dia melhor.

Aos meus familiares, pelo apoio sem falta e pela torcida fiel.

Aos meus amigos, os mais antigos, os mais recentes, pelo companheirismo, pela persistência.

Ao meu orientador, Tarso, pela confiança e vontade sincera em ajudar.

A Jalberth, pelos conselhos e pelo auxílio constante.

Aos mestres professores, com quem aprendo sobretudo, a ensinar.

Aos colegas de curso, pelos incentivos de coragem e força de vontade.

A todos aqueles que se sentem à vontade para ajudar na caminhada, o meu sincero agradecimento.

“O desafio está entre nós, a necessidade é premente.”
A. J. Cronin

RESUMO

O estudo e a capacitação de ferramentas de projeto de instalações elétricas prediais são de fundamental importância na formação do Engenheiro Eletricista. As habilidades a serem desenvolvidas nas disciplinas relativas a Instalações Elétricas devem permitir ao estudante elaborar projetos segundo as orientações contidas na normatização técnica vigente. As ferramentas computacionais facilitam o trabalho do projetista com o uso de aplicações gráficas, aplicativos de cálculo e geração automática de diagramas e quadros que auxiliam o entendimento das características da instalação. Nessa perspectiva, o desenvolvimento de materiais didáticos que dão suporte ao aprendizado dessas ferramentas torna-se necessário, de forma a melhor preparar o estudante, na medida em que se tornará um profissional capacitado a exercer o papel de engenheiro no mercado de trabalho. Com isso, um trabalho de revisão das normas técnicas vigentes e da literatura que abrange o estudo de instalações elétricas prediais foi realizado. A ferramenta de projeto foi avaliada segundo os padrões exigidos pela normatização. Dessa forma, um tutorial passo a passo foi elaborado com a finalidade de simplificar o aprendizado do programa. Os objetivos desse trabalho são atingidos conforme a colaboração que presta ao processo de ensino de engenharia.

Palavras-chave: Instalações elétricas prediais, Ensino de engenharia, Ferramentas de projeto, Normas técnicas.

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Introdução..... | 1 |
| 1.1 | Objetivos..... | 2 |
| 1.2 | Estrutura do trabalho..... | 2 |
| 2 | Revisão bibliográfica..... | 4 |
| 2.1 | Normas..... | 4 |
| 2.2 | Projetos de Instalações Elétricas Prediais | 6 |
| 2.2.1 | Previsão das cargas | 8 |
| 2.2.2 | Cálculo da demanda e definição do tipo de fornecimento | 9 |
| 2.2.3 | Quadros de distribuição | 12 |
| 2.2.4 | Dimensionamento e inserção da tubulação..... | 13 |
| 2.2.5 | Dimensionamento e distribuição dos circuitos | 14 |
| 2.2.6 | Memorial descritivo..... | 17 |
| 2.3 | PRÓ-Elétrica | 17 |
| 3 | Metodologia..... | 19 |
| 3.1 | Estratégia de aprendizado | 19 |
| 4 | Resultados | 21 |
| 5 | Conclusão | 22 |
| | Bibliografia..... | 24 |
| | Apêndice A..... | 25 |

1 INTRODUÇÃO

O atual contexto da educação em Engenharia pode ser inserido nas novas metodologias de ensino introduzidas no meio acadêmico pelo uso de ferramentas de projeto e simulações.

Todas essas inovações, originadas, em geral, por mudanças de paradigma (KUHN, 2001), estimulam a utilização crescente dos recursos tecnológicos na educação em Engenharia. A magnificência deste recurso está ligada ao fato da engenharia ser uma ciência baseada na interação da matemática e de seus desdobramentos com o mundo físico (GOMES *et al.*, 2011).

Dessa maneira, verifica-se a necessidade de buscar novas ferramentas de ensino para melhor preparar o aluno como futuro projetista, oferecendo suporte ao aprendizado de plataformas de projeto e simulação de instalações elétricas prediais.

Nesse sentido, o mercado oferece alternativas para o projeto de instalações elétricas sob a forma de *softwares CAD (Computer-Aided Desing)* que facilitam o trabalho do projetista quando dão suporte com ferramentas de desenho, inserção de pontos elétricos, tubulação e distribuição de circuitos, além de outras funcionalidades como a criação do Quadro de Cargas e do Diagrama Unifilar, correspondentes ao projeto.

O projeto de instalações elétricas prediais segue, dessa maneira, as diretrizes instituídas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica, dadas pelas normas de distribuição unificadas.

O Engenheiro Eletricista deve seguir rigorosamente o que está instituído em norma em todas as fases do projeto, de forma a garantir o seu bom funcionamento e principalmente a segurança das pessoas e demais seres vivos. Além disso, o projetista deve primar pela qualidade da instalação quando deve prever, no projeto, a funcionalidade necessária para a sua operação de forma econômica e sem oferecer riscos à estrutura e aos usuários.

O uso de ferramentas de projeto é necessário ao aprimoramento do trabalho quando este necessita de robustez e qualidade nas suas informações. Para tanto, o projetista necessita de facilidade no uso da ferramenta para que possa obter resultados

de forma a melhor atender as especificações que a estrutura da edificação e o uso a que se destina exigem do projeto.

Além disso, a ferramenta deve primar pelo método de concepção do projeto de forma a seguir determinadas diretrizes quais sejam: inserção de pontos elétricos, cálculo da demanda e definição do tipo de fornecimento, inserção dos quadros de distribuição, dimensionamento e distribuição de condutores e tubulação e elaboração do memorial descritivo, que é um resumo do que o projeto elétrico se propõe.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um tutorial para aplicação no ensino de Instalações Elétricas empregando softwares específicos da área. Pretende-se, dessa maneira, melhor preparar o aluno para a elaboração de projetos de instalações elétricas prediais. Para tanto, será utilizada uma plataforma CAD específica, seguindo os direcionamentos descritos na normatização brasileira através da ABNT e das concessionárias distribuidoras de energia elétrica.

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Avaliar a ferramenta de projeto adotada na elaboração do tutorial, de forma a prever a sua fidelidade à normatização técnica;
- Desenvolver um estudo resumido sobre o projeto de instalações elétricas prediais conforme o que está disponível na literatura, nas normas técnicas e nos manuais de fabricantes.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. No capítulo 1, uma introdução sobre o tema é feita justificando-se a necessidade da abordagem em questão e a finalidade que o trabalho busca alcançar.

No capítulo 2, uma revisão bibliográfica é realizada, baseando-se na literatura que abrange instalações elétricas e nos textos das normas vigentes. Os aspectos gerais das normas que regem o projeto de instalações elétricas prediais e os direcionamentos que o preveem são estudados neste capítulo. Além disso, a ferramenta de auxílio no projeto de instalações elétricas prediais é apresentada.

No capítulo 3, a metodologia que foi utilizada neste trabalho e a estratégia de aprendizado adotada são apresentadas. No capítulo 4, os resultados são mostrados conforme a indicação do Apêndice A, que contempla o tutorial elaborado segundo os objetivos do trabalho.

O capítulo 5 apresenta as conclusões que puderam ser obtidas, mostrando os aspectos positivos e negativos da ferramenta utilizada e a contribuição que o trabalho dá no âmbito do ensino de engenharia elétrica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo se propõe a fundamentar os aspectos teóricos que norteiam o projeto de instalações elétricas prediais, apresentando as normas e as prescrições que regem o assunto, além das etapas que constituem a sua elaboração.

2.1 NORMAS

As principais normas que constituem o projeto de instalações elétricas prediais são a NBR 5410, a NBR ISO/CIE 8995-1, a NBR 5444, a NBR 5419 e as normas de distribuição das concessionárias de energia elétrica. Além destas, existem outras normas específicas de materiais e métodos de aplicações e componentes de uma instalação elétrica predial que não são contempladas nesta obra.

A NBR 5410 prevê a padronização das instalações elétricas de baixa tensão e os seus desdobramentos. Esta norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança das pessoas e demais seres vivos, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens (ABNT NBR 5410, 2008). Nesse sentido, esta norma prevê os itens que devem compor minimamente uma instalação; os direcionamentos para a proteção individual e coletiva; os critérios de confiabilidade, acessibilidade e flexibilidade e outros aspectos essenciais na elaboração do projeto.

A NBR ISO/CIE 8995-1 prevê a padronização da iluminação de ambientes de trabalho. O objetivo desta norma é especificar os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2013).

A NBR 5444 classifica os símbolos gráficos para instalações elétricas prediais, estabelecendo as representações usuais para facilitar a execução dos projetos de forma intuitiva (ABNT NBR 5444, 1989). Dessa forma, apresenta a simbologia de condutores fase-neutro-terra, eletrodutos e eletrocalhas, caixas de passagem, interruptores e pontos de luz, tomadas de uso geral e específico e quadros de luz e força, além de dispositivos de proteção e quadros medidores.

A NBR 5419 padroniza a proteção das estruturas contra descargas atmosféricas. Esta norma fixa as condições de projeto, instalação e manutenção de um SPDA para a proteção contra a incidência direta de raios sobre a estrutura, os equipamentos e as pessoas contempladas pelo volume da edificação (ABNT NBR 5419, 2005).

As normas de distribuição das concessionárias de energia elétrica são documentos que especificam as exigências a serem seguidas para o projeto e execução das instalações de entradas de serviço das unidades consumidoras abrangidas pelo serviço de distribuição de energia elétrica (NDU 001, 2010). Além disso, as normas de distribuição estabelecem regras e recomendações à elaboração de projeto e execução das instalações das unidades consumidoras.

As normas de distribuição unificadas são específicas para cada empresa fornecedora do serviço de distribuição de energia elétrica. Fica a critério da empresa estabelecer as condições de projeto e execução das instalações desde que obedecidas as regulamentações instituídas pela norma vigente das associações de normas técnicas e pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Esta obra adota os critérios estabelecidos pelas Normas de Distribuição Unificada (NDU 001 e NDU 003) da concessionária de energia elétrica Energisa, que fornece o serviço de distribuição no Estado da Paraíba.

A NDU 001 contempla as especificações para o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária para edificações individuais ou agrupadas em até três unidades. As unidades consumidores contempladas por esta norma devem apresentar uma carga instalada igual ou inferior a 75 kW. Esta norma apresenta as tensões de fornecimento contempladas pelo grupo consumidor que se destina, os tipos e as categorias de atendimentos de acordo com a potência demandada pela unidade consumidora e os critérios de projeto e execução das instalações das entradas de serviço.

A NDU 003 especifica o fornecimento de energia elétrica em tensão primária e secundária para agrupamentos ou edificações de uso coletivo acima de três unidades consumidoras (NDU 003, 2012). Esta norma apresenta os critérios de cálculo de demanda de acordo com os tipos das unidades consumidoras, estabelecendo, em forma de tabelas, os requisitos mínimos a serem seguidos para o projeto e a execução das instalações.

2.2 PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS

Os projetos de instalações elétricas prediais são padronizados pela ABNT através das normas NBR 5410/2008 e NBR ISO/CIE 8995-1/2013, supracitadas. Além do conhecimento destas normas, o engenheiro projetista deve ter pleno conhecimento de alguns dados preliminares ao projeto da instalação elétrica, quais sejam (LIMA FILHO, 2013):

- Plantas de situação: contemplam a localização dos acessos à edificação bem como da rede de energia elétrica da concessionária fornecedora do serviço;
- Projeto arquitetônico: prevê os cortes, detalhes, fachadas e todas as dimensões da edificação, inclusive pé-direito, bem como o uso a que se destina;
- Projetos complementares: constituem-se nos projetos de instalações hidráulicas, de combate a incêndio e de sonorização entre outros, tendo em mente a harmonia que o projeto de instalações elétricas deve estar para com estas instalações;
- Informações complementares: contemplam as exigências dos usuários da edificação como os locais preferenciais dos pontos de utilização, previsão de cargas futuras ou circuitos específicos, previsão de materiais e equipamentos preferidos entre outros aspectos que devem concordar com os limites padronizados pela norma.

Elencados todos esses pré-requisitos, o projetista possui todas as informações necessárias para elaborar o projeto. Nesse sentido, o projeto deve ser elaborado com o objetivo de atender aos seguintes critérios de utilização das instalações (LIMA FILHO, 2013):

- Acessibilidade: todos os pontos de utilização projetados, bem como os dispositivos de manobra e proteção devem estar em locais perfeitamente acessíveis, que permitam manobra adequada e manutenções;

- Flexibilidade e reserva de carga: a instalação deve prever a adição de cargas futuras e flexibilidade para possibilitar pequenas alterações;
- Confiabilidade: a instalação deve ser projetada atendendo criteriosamente às normas técnicas, com o objetivo de garantir o seu perfeito funcionamento e a integridade física dos usuários.

Atendidos esses critérios, o projetista está de plena capacidade para elaborar o projeto da instalação e deve possuir, portanto, todas as ferramentas que auxiliarão o trabalho. Além das análises iniciais, que contemplam os dados preliminares e os critérios exigidos para a instalação, as etapas que constituem o projeto de uma instalação são (COTRIM, 2003):

- Fornecimento de energia normal: constitui-se na descrição das modalidades de fornecimento de energia elétrica e das padronizações da concessionária de distribuição;
- Quantificação da instalação: previsão das cargas da instalação como pontos de luz e força e pontos de uso especiais, além de suas localizações. Este passo e o anterior permitem o cálculo da demanda e a determinação da categoria de atendimento;
- Esquema básico da instalação: definição do diagrama unifilar da instalação, que especifica os componentes e as principais ligações. Geralmente, os quadros de distribuição são esquematizados com diagramas unificares de forma a facilitar a sua leitura e execução da instalação;
- Seleção e dimensionamento dos componentes: realiza-se a escolha e dimensionamento dos circuitos e das tubulações, dos dispositivos de proteção e cálculos de curto-circuito entre outros;
- Especificação e contagem dos componentes: geração do quadro de cargas com a divisão dos circuitos e o balanceamento das correntes das fases. Além disso, lista de materiais e o orçamento são parte desta etapa do projeto.

Todas essas etapas podem ser divididas em outras e, por vezes, modificadas em sua ordem de execução de forma que, usualmente e para facilitar o entendimento do projeto de uma instalação elétrica predial, sejam resumidas nas etapas elencadas a seguir (SILVA, 2006):

- Inserção dos pontos elétricos;
- Cálculo da demanda e definição do tipo de fornecimento;
- Inserção do quadro de distribuição;
- Traçado da tubulação;
- Formação dos circuitos e dimensionamento de eletrodutos e condutores;
- Memorial descritivo.

2.2.1 PREVISÃO DAS CARGAS

O objetivo da Previsão de Cargas é determinar todos os pontos de utilização de energia elétrica (pontos de consumo ou cargas) que farão parte da instalação (CAVALIN, 2011). Neste sentido, a Previsão de Cargas da instalação é realizada conforme a NBR 5410/2008, que fixa as condições mínimas que devem ser atendidas no que diz respeito à determinação das potências e das quantidades aplicáveis aos locais utilizados como habitação, permanente ou temporária (ABNT NBR 5410, 2008).

Os pontos de iluminação devem ser previstos de tal forma que cada cômodo ou dependência possua pelo menos um, fixo no teto, comandado por interruptor. Arandelas de banheiros ou pontos de iluminação na parede devem ser previstos de forma a manter uma distância mínima de 0,60 m do boxe ou regiões de risco de contato indireto.

As cargas de iluminação devem ser previstas, como alternativa à NBR ISO/CIE 8995-1, para atender aos seguintes critérios:

- Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- Em cômodos ou dependências com área igual ou superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescidos de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

O número de pontos de tomadas de uso geral deve ser determinado em função da destinação que se dará ao ambiente e dos equipamentos que serão utilizados. Dessa forma, os seguintes critérios devem ser atendidos:

- Em banheiros deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada próximo ao lavatório. A potência atribuível deve ser de pelo menos 600 VA, até três pontos, e de 100 VA nos pontos excedentes;
- Em cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada a cada 3,5 m, ou fração de perímetro. Acima das bancadas da pia devem ser previstas pelo menos duas tomadas de corrente. A potência atribuível deve ser de pelo menos 600 VA, até três pontos, e de 100 VA nos pontos excedentes;
- Em varandas deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada de pelo menos 100 VA;
- Em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto a cada 5 m, ou fração de perímetro, devendo estes pontos estar espaçados tão uniformemente quanto possível. A potência atribuível deve ser de pelo menos 100 VA para cada ponto.

Os pontos de tomadas de uso específico devem ser adotados de acordo com a quantidade de equipamentos que são alimentados por corrente nominal superior a 10 A e devem estar localizados no máximo a 1,5 m do ponto que se localiza o equipamento.

2.2.2 CÁLCULO DA DEMANDA E DEFINIÇÃO DO TIPO DE FORNECIMENTO

Em uma instalação predial qualquer, a potência elétrica instantânea consumida é variável em função do número de cargas ligadas e da soma das potências solicitadas por cada carga. Assim, para fins de projeto, utiliza-se a chamada Demanda (COTRIM, 2003). A justificativa está no fato de que, em qualquer instalação elétrica raramente se utilizam todos os pontos de luz ou tomadas de corrente ao mesmo tempo (CREDER, 2007).

Dessa maneira, as concessionárias de distribuição de energia elétrica preveem padrões de cálculo da demanda para consumidores em Baixa e Média Tensão através das NDU 001 e NDU 003.

O cálculo da demanda de uma edificação individual é realizado a partir dos padrões apresentados na NDU 001. A demanda provável do consumidor, em kW, é calculada através de (1) (ENERGISA, 2010).

$$D(kW) = D(kVA) * 0,92. \quad (1)$$

O elemento $D(kVA)$ origina-se em (2).

$$D(kVA) = (d1 + d2 + d3 + d4 + d5 + d6 + d7). \quad (2)$$

Os elementos $d_i, 1 \leq i \leq 7$ correspondem às demandas dos pontos de iluminação e tomadas de uso geral e específico de aparelhos e equipamentos segundo os respectivos fatores de demanda apresentados sob a forma de tabelas, conforme a NDU 001.

Nesse sentido, uma determinada edificação poderá ser atendida com o fornecimento de energia elétrica através das tensões secundárias 220/127 V ou 380/220 V. Dessa maneira, calculados os valores da demanda provável do consumidor, é estabelecida a Categoria de Atendimento conforme o exemplo apresentado nas Tabelas I e II a seguir (NDU 001, 2010).

Tabela I – Tipos de Atendimento.

| Tipo | Circuito | Composição |
|-------------|-----------------|--------------------------------------|
| M | Monofásico | Dois fios – uma fase e um neutro |
| B | Bifásico | Três fios – duas fases e um neutro |
| T | Trifásico | Quatro fios – três fases e um neutro |

Tabela II – Categorias de Atendimento para tensão 380/220 V, sistema trifásico com neutro aterrado.

| Categoria | | Potência/Demanda | |
|-------------------|-----------------------|------------------|------------------------|
| Monofásico | Carga instalada (kW) | M1 | $0,00 < D \leq 5,50$ |
| | | M2 | $5,50 < D \leq 10,00$ |
| | | M3 | $10,00 < D \leq 14,00$ |
| Bifásico | | B1 | $0,00 < D \leq 14,00$ |
| | | B2 | $14,00 < D \leq 17,40$ |
| Trifásico | Demanda provável (kW) | T1 | $0,00 < D \leq 24,00$ |
| | | T2 | $24,00 < D \leq 30,00$ |
| | | T3 | $30,00 < D \leq 42,00$ |
| | | T4 | $42,00 < D \leq 58,00$ |
| | | T5 | $58,00 < D \leq 75,00$ |

O cálculo da demanda para consumidores individuais de uma edificação coletiva é realizado da mesma maneira do cálculo apresentado anteriormente. A diferença consiste em estabelecer a entrada de serviço, ou Categoria de Atendimento, que se verifica para a edificação coletiva. Portanto, o cálculo da demanda da edificação será realizado através de (3) (NDU 003, 2012).

$$D = D1 + D2. \quad (3)$$

O elemento D corresponde à demanda total da edificação de uso coletivo. A parcela $D1$ corresponde à demanda das unidades consumidoras residenciais e a parcela $D2$ corresponde à demanda do condomínio calculada através de (1) e (2). A demanda $D1$ é calculada, através de (4), pela demanda por unidade consumidora individual em função de sua área útil (a) e o fator de multiplicação de demanda (fn) de acordo com a quantidade de unidades. Os fatores de multiplicação encontram-se tabelados na NDU 003.

$$D1 = a * fn. \quad (4)$$

2.2.3 QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO

A divisão dos circuitos de uma instalação elétrica tem, dentre outras, a finalidade de limitar as consequências de uma falta, provocando apenas o seccionamento do circuito defeituoso. Além disso, os circuitos devem ser previstos de tal forma que a corrente nominal e a queda de tensão estejam dentro de limites admissíveis de forma, também, a diminuir o custo da instalação.

Os circuitos são divididos de maneira que fiquem protegidos por dispositivos de seccionamento projetados a partir do cálculo da corrente nominal de cada um dos circuitos. Em uma instalação, os dispositivos são alocados na proteção primária, com o uso de seccionadores contra surtos, no Quadro de Geral de entrada da alimentação e que contempla o medidor e o barramento de alimentação dimensionado a partir da demanda calculada; e na proteção secundária, com o uso de seccionadores contra sobrecargas e curtos-circuitos, correspondendo ao Quadro de Distribuição.

O Quadro de Distribuição é um componente da instalação destinado a abrigar um ou mais dispositivos de proteção e manobra e a conexão dos condutores interligados aos mesmos, com o intuito de distribuir a energia elétrica aos diversos circuitos (LIMA FILHO, 2013). Nesse sentido, o Quadro de Distribuição facilita os procedimentos de manutenção, ensaios e verificação das características elétricas da instalação. Em um projeto, o(s) quadro(s) de distribuição é(são), geralmente, representado(s) pelo diagrama unifilar, que contempla os dispositivos de proteção utilizados, as secções dos condutores do alimentador e os circuitos previstos para cada proteção.

É importante destacar que o(s) quadro(s) de distribuição deve(m) ser dimensionado(s) de forma a suprir a necessidade de instalações futuras, o que corresponde a deixar espaços para instalação de dispositivos de proteção e saídas de condutores. Além disso, o(s) quadro(s) de Distribuição deve(m) estar localizado(s) o mais próximo possível do centro de cargas, o que quer dizer que as cargas de maior potência devem estar localizadas próximas aos quadros que as alimentam, devido à necessidade de se diminuir os valores das quedas de tensão admissíveis para cada circuito.

Um exemplo de um Quadro de Distribuição de uma edificação é mostrado na Figura 2.1.

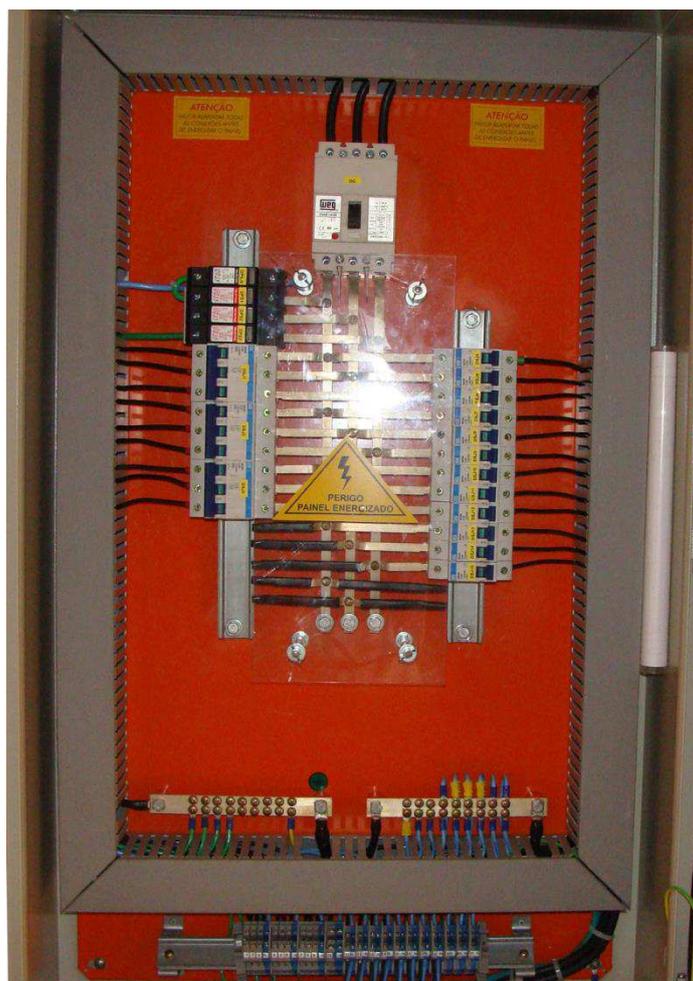


Figura 2.1. Quadro de Distribuição (SETTA, 2014).

2.2.4 DIMENSIONAMENTO E INSERÇÃO DA TUBULAÇÃO

Os eletrodutos são componentes da instalação elétrica destinados a proteger mecanicamente os condutores ou contra agressões do meio ambiente por agentes corrosivos, além de propiciar à edificação uma proteção contra incêndios resultantes de eventuais superaquecimentos dos condutores ou formação de arcos voltaicos.

Dessa forma, os eletrodutos podem ser constituídos de diferentes materiais, metálicos ou não-metálicos, classificados quanto à sua flexibilidade, forma de conexão, e de instalação (embutidos, enterrados ou ao ar-livre). Existem eletrodutos de diferentes características construtivas como tubulações, bandejas, canaletas, prateleiras ou perfilados que são escolhidos de acordo com a utilização e o aspecto arquitetônico da edificação.

Os eletrodutos devem ser dimensionados de forma a obedecer aos limites de ocupação da seção transversal estabelecidos pela NBR 5410/2008, quais sejam:

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;
- 40% no caso de três ou mais condutores.

A instalação dos eletrodutos deve ser de tal forma que a colocação de condutores seja o mais facilitado possível, não ultrapassando os limites de distância admissíveis entre as aberturas dadas pelas caixas de passagem e caixas terminais.

2.2.5 DIMENSIONAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DOS CIRCUITOS

O trabalho de dimensionamento dos condutores se resume em calcular a seção mínima destes, de forma a garantir que suportem, satisfatoriamente e simultaneamente, as condições dos limites de temperatura e de queda de tensão (LIMA FILHO, 2013).

Os limites de temperatura são verificados através do cálculo da capacidade de condução de corrente. Esse critério utiliza as padronizações da NBR 5410/2008 para diferentes tipos de isolamento: PVC, EPR ou XLPE. A Tabela III, adaptada da NBR 5410/2008, apresenta os valores das temperaturas características dos condutores para cada tipo de isolamento.

Tabela III – Temperaturas características dos condutores.

| Tipo de Isolação | Temperaturas máximas (Condutor) – C° | | |
|---|--------------------------------------|---------------|-------------------|
| | Em serviço contínuo | Em sobrecarga | Em curto-circuito |
| Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm ² | 70 | 100 | 160 |
| Borracha etileno-propileno (EPR) | 90 | 130 | 250 |
| Polietileno reticulado (XLPE) | 90 | 130 | 250 |

Após escolhido o tipo de isolamento, a maneira de instalação a ser adotada e seguindo o método de referência correspondente, a bitola mínima necessária pode ser encontrada. Esses passos são realizados com o auxílio das Tabelas 33, 36, 37, 38 e 39, disponíveis na NBR 5410/2008, que levam em consideração, também, o número de condutores carregados instalados no eletroduto.

A corrente de projeto, que nada mais é que a corrente nominal do circuito, deve ser calculada para possibilitar a utilização das tabelas supracitadas. O valor dessa corrente deve ser corrigido de acordo com os fatores de temperatura e de agrupamento, também disponíveis em tabelas apresentadas na NBR 5410/2008.

Os limites de queda de tensão devem ser obedecidos a fim de não prejudicar o funcionamento dos equipamentos que serão ligados aos circuitos terminais. A queda de tensão, se acentuada, nos circuitos alimentadores e terminais pode provocar, além do mau funcionamento dos equipamentos, redução da vida útil destes e prejuízos aos usuários.

Dessa maneira, a norma estabelece os limites máximos de queda de tensão, que são apresentados a seguir:

- Igual a 7%, calculado a partir dos terminais de saída do alimentador de fonte própria;
- Igual a 7%, calculado a partir dos terminais de saída do alimentador de fonte da concessionária;
- Igual a 5%, calculado a partir do ponto de entrega;
- Igual a 2%, calculado a partir do quadro de distribuição.

O cálculo da queda de tensão é realizado através de (5). O elemento $e\%$ corresponde à queda de tensão percentual, V_e corresponde à tensão de entrada e V_c corresponde à tensão na carga.

$$e\% = \frac{V_e - V_c}{V_e} * 100. \quad (5)$$

Com o valor da queda de tensão calculado, a bitola mínima necessária pode ser encontrada consultando-se os valores tabelados em norma. Caso esses valores não estejam disponíveis, (6) pode ser utilizada para calcular a seção mínima pelo critério da queda de tensão (CREDER, 2007).

$$S = 2\rho \frac{1}{e\%(V^2)} * (p1l1 + p2l2 + \dots). \quad (6)$$

O elemento S é a seção do condutor em mm^2 , ρ é a resistividade do cobre ($\frac{1}{58} \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$), $e\%$ é a queda de tensão percentual, V é a tensão nominal, p é a potência consumida em watts e l o comprimento do circuito em metros ou distância ao ponto onde se está calculando a queda de tensão.

As seções mínimas do condutor encontradas pelo critério da capacidade de condução de corrente e pelo critério da queda de tensão são comparadas, de forma que deve ser escolhida a de maior valor.

Os circuitos devem ser distribuídos de acordo com os limites de ocupação admissíveis pelos eletrodutos utilizados na instalação. Portanto, o cálculo da seção mínima dos condutores é necessário para verificar o atendimento a esses critérios.

As cargas devem ser divididas em circuitos de iluminação e força. A norma permite que os pontos de iluminação e força de salas, dormitórios e ambiente íntimos possam ser alimentados pelo mesmo circuito. Em cozinhas, áreas de serviço e afins, devem ser previstos circuitos distintos de iluminação e força. Além disso, cargas de uso específico devem ser alimentadas por um circuito próprio.

A exigência a ser seguida na divisão dos circuitos é que as cargas devem ser distribuídas entre as fases, da forma mais uniforme possível, obtendo o máximo de equilíbrio.

Os dispositivos de proteção a serem utilizados no seccionamento dos circuitos devem ser previstos para atuar em casos de sobrecarga, curto-circuito e contatos diretos e indiretos. Dessa forma, as classes dos dispositivos, dadas pela corrente nominal do circuito, devem ser atendidas de forma a suportar eventuais solicitações e atuar no momento exato. Cargas adicionais que ultrapassem os limites suportáveis podem gerar mau funcionamento dos dispositivos de proteção, consequência de quedas de tensão acentuadas e aquecimento dos condutores.

Alguns dos dispositivos de proteção que podem ser utilizados em uma instalação elétrica correspondem aos Disjuntores de Proteção contra Surtos (DPS), Disjuntores Diferenciais Residuais (DR), Disjuntores Termomagnéticos (DTM) e Interruptores Diferenciais Residuais (IDR).

2.2.6 MEMORIAL DESCRITIVO

O Memorial Descritivo é um documento que tem como finalidade apresentar as características do projeto da instalação elétrica. Ele é composto pela descrição dos objetivos do projeto, a sua localização, o tipo de fornecimento de energia elétrica e os dados da concessionária de distribuição. Além disso, o Memorial Descritivo deve apresentar toda a descrição do projeto da instalação, explicando a sua funcionalidade, as formas de instalação, identificação de materiais a serem utilizados, distâncias, montagem dos equipamentos e recomendações técnicas. Uma lista de materiais e o orçamento do projeto devem ser previstos e apresentados no Memorial Descritivo.

O Memorial Descritivo deve ser composto por diagramas, quadros de cargas e tabelas, tantos quanto forem necessários para facilitar o entendimento do projeto e sua execução. Os diagramas podem ser apresentados de forma unifilar, bifilar ou trifilar e servem para auxiliar na instalação dos quadros de distribuição. Os quadros de cargas contemplam todos os circuitos que fazem parte da instalação, apresentando as quantidades de pontos elétricos e suas potências, a corrente nominal e em cada fase e a demanda, entre outras informações relevantes para a execução da instalação elétrica.

2.3 PRÓ-ELÉTRICA

O PRÓ-Elétrica é um software de projeto de instalações elétricas prediais, disponível no mercado, e de autoria da empresa brasileira Multiplus. O software conta com uma barra de ferramentas que é instalada como um plug-in em plataformas CAD. A instalação do software é bastante simplificada e necessita apenas de alguns passos que o usuário realiza com o auxílio de manual que acompanha o produto.

A interface do PRÓ-Elétrica é intuitiva e segue o padrão exibido pela própria plataforma em que está instalado e o sistema operacional do qual faz parte. A barra de ferramentas do PRÓ-Elétrica apresenta-se, de forma bastante simples, disposta em ícones com funcionalidades específicas. É possível encontrar ícones de criação de novo projeto, configurações do projeto, propriedades dos itens que o constituem, inserção de pontos elétricos, dimensionamento de tubulações e circuitos, inserção de quadros e diagramas, bibliotecas de itens padronizados, cálculo luminotécnico e projeto de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas, além de outras opções que poderão ser verificadas no tutorial anexado a esta obra.

Dentro dos desdobramentos da engenharia, o PRÓ-Elétrica permite a confecção do projeto com vistas às instalações monofásicas, bifásicas ou trifásicas alimentadas com 110 ou 220 volts de tensão Fase-neutro (Multiplus, 2011). Dessa maneira, o software contempla apenas as instalações classificadas em Baixa Tensão.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado visando o aprendizado da ferramenta e de todas as suas funcionalidades, propostas para a execução do projeto de uma instalação elétrica. A ferramenta PRÓ-Elétrica propiciou a execução das atribuições do projeto de forma simples e prática.

O tutorial foi elaborado de forma a facilitar o uso da ferramenta e simplificar o trabalho do estudante projetista, visando o maior contato possível com todas as funcionalidades presentes no programa.

Um guia de ícones e suas descrições foi elaborado de forma a introduzir o estudante na ferramenta, seguido de um passo a passo para a realização de um projeto elétrico genérico.

3.1 ESTRATÉGIA DE APRENDIZADO

O aprendizado da ferramenta foi pautado em um caráter evolutivo. Nesse sentido, quer-se dizer que foi adotada uma estratégia de cumprimento de tarefas simples alcançando as funcionalidades mais fáceis do programa para depois construir determinado grau de conhecimento e alcançar tarefas mais complexas.

O primeiro contato com uso da ferramenta PRÓ-elétrica se deu a partir da realização de um projeto elétrico para uma residência popular de 50 m². O projeto consistiu-se na inserção de pontos de iluminação e tomadas de uso geral e específico. Além disso, foi possível realizar o dimensionamento dos circuitos e verificar a distribuição destes através da inserção dos eletrodutos e do quadro de distribuição.

A partir daí foi possível se familiarizar melhor com a ferramenta de forma que o projeto de uma edificação com três pavimentos de apartamento tipo, um pavimento térreo e um pavimento cobertura foi realizado. Com este projeto foi possível utilizar todas as funcionalidades da ferramenta propostas para este trabalho.

A inserção de pontos de iluminação e de tomadas de uso geral e específico foi realizada seguindo as diretrizes da norma para cada ambiente, de acordo com a potência solicitada. A colocação dos quadros de distribuição foi realizada seguindo o bom senso da localização e prevendo a economia de espaço e material. A distribuição dos circuitos através da inserção dos eletrodutos e eletrocalhas seguiu as facilidades propostas pelo

programa quando lança automaticamente estes componentes nos ambientes. Por fim, foi possível realizar o projeto do SPDA (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas).

4 RESULTADOS

Os resultados deste trabalho estão resumidos na confecção do material didático. O “Tutorial do PRÓ-Elétrica para o ensino em Instalações Elétricas”, que consta no Apêndice A, foi elaborado para facilitar o contato do estudante com a ferramenta, auxiliando no projeto de instalações elétricas prediais como forma de aprendizado afim de melhor prepará-lo para o mercado de trabalho e para as diretrizes que a norma técnica brasileira exige.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo elaborar um tutorial para o ensino de ferramentas CAD em Instalações Elétricas. Nesse sentido, avaliou-se a necessidade do desenvolvimento de competências para o auxílio no ensino de engenharia segundo as diretrizes pedagógicas proporcionadas pelo uso de ferramentas computacionais.

Uma revisão bibliográfica foi realizada a fim de situar os aspectos da engenharia elétrica, no que diz respeito ao projeto de instalações elétricas prediais, e seus desdobramentos, verificando as prescrições das normas e o que a bibliografia atual sugere.

Abrangendo os aspectos práticos, a ferramenta PRÓ-Elétrica foi escolhida para a confecção do material didático por apresentar estrutura simples e de fácil aprendizado. O software se mostrou bastante capaz de auxiliar o engenheiro no desenvolvimento de projetos de instalações elétricas na medida em que apresentou acurácia nos resultados, que são as características previstas para o projeto em si, fidelidade às normas vigentes e por dar ao engenheiro plenos poderes sobre as escolhas e os critérios a serem adotados na elaboração do projeto.

Entretanto, o PRÓ-Elétrica demonstrou algumas deficiências:

- Geração de lista de Materiais: onde alguns materiais apresentam-se em quantidade muito superior ao estabelecido no projeto e outros materiais não são listados;
- Orçamentos pouco precisos: devido à oscilação do mercado, o orçamento não se mostra verdadeiro. Opções de acesso a orçamentos online e atualizados poderiam suprimir o problema;
- Dificuldade em aliar a ferramenta de projeto com a ferramenta de desenho: em alguns momentos o software dificulta a colocação arbitrária de eletrodutos, pontos de iluminação e comando e quadros de distribuição.

O pior aspecto que pode ser considerado é o aspecto gráfico. O software dificulta a ligação entre as suas funcionalidades de desenho e as funcionalidades de desenho da plataforma CAD da qual faz parte. Problemas de escala, edição de objetos,

formação de pranchas de projeto, poderiam ser evitados com o uso de aplicações mais bem definidas.

Mesmo com o auxílio de ferramentas de projeto automáticas, algumas aplicações do software se tornam pouco práticas e grande parte do tempo de elaboração do projeto passa a ser investido em pequenos erros difíceis de serem contornados.

Afora os problemas elencados, o software é de grande ajuda na elaboração do projeto, pelos aspectos positivos que apresenta e que foram elencados anteriormente. É importante esclarecer que a escolha da ferramenta é livre e cabe ao engenheiro projetista saber lidar com as preferências.

Por fim, o trabalho cumpre o seu papel quando oferece o material de auxílio no aprendizado da ferramenta aqui discutida e se destina a contribuir para o aperfeiçoamento da engenharia elétrica no sentido mais prático possível.

BIBLIOGRAFIA

ABNT **NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2008.

ABNT. **NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2005.

ABNT. **NBR 5444 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 1989.

ABNT. **NBR ISSO/CIE 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2013.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações Elétricas Prediais: conforme norma NBR 5410:2004**. 21 ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. 4 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 001 - Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária. Edificações individuais ou agrupadas em até 3 unidades consumidoras**. Energisa. 2010.

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 003 - Fornecimento de energia elétrica em tensão primária e secundária. Fornecimento de energia elétrica a agrupamentos ou edificações de uso coletivo acima de 3 unidades consumidoras**. Energisa. 2012.

GOMES, F. J.; DE PAULA, I. L.; VITOI, L. A.; CONCEIÇÃO, L. R.; MARCIANO, P. C. R. **Proposta de complemento à educação na engenharia utilizando ferramenta interativa, baseada em fôss: o tutorial do motor de passo**. Anais: XXXIX – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Blumenau, 2011.

KUHN, Thomas. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2001.

LIMA FILHO, D. L. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. 12 ed. São Paulo: Editora Érica, 2013.

MULTIPLUS. **PRÓ-Elétrica**. Software para projetos de instalação elétrica. **Multiplus**, 2014. Disponível em: <<http://eletrica.multiplus.com>>. Acesso em: 22 mar. 2014.

MULTIPLUS. **PRÓ-Elétrica. Curso prático interativo**. Multiplus. 2011.

SETTA Engenharia Elétrica. Produtos - Quadros de Comando de Luz. **Setta**, 2014. Disponível em: <http://settaengenharia.com.br/produtos.php#container_produtos_paineis>. Acesso em: 23 mar. 2014.

SILVA, A. L. **O uso do paradigma de restrições geométricas para apoio a projetos de instalações elétricas**. Tese de Doutorado. FEELT-UFU. Uberlândia, 2006.

APÊNDICE A



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Laboratório de Alta Tensão

TUTORIAL DO PRÓ-ELÉTRICA PARA O PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS

AUTORES: MARCUS TULIUS BARROS FLORENTINO
PROF. GENOILTON JOÃO DE CARVALHO ALMEIDA, M. SC.

REVISÃO: PROF. TARSO VILELA FERREIRA, D. SC.

Campina Grande, Paraíba.
Abril de 2014

SUMÁRIO

| | | |
|------|--|----|
| 1 | Introdução | 2 |
| 2 | Guia de Ícones do PRÓ-Elétrica | 3 |
| 2.1 | Ícone <i>Projeto</i> | 3 |
| 2.2 | Ícone <i>Configuração</i> | 3 |
| 2.3 | Ícone <i>Inserir Simbologia</i> | 4 |
| 2.4 | Ícone <i>Inserir Tubulação</i> | 4 |
| 2.5 | Ícone <i>Inserir Fiação</i> | 5 |
| 2.6 | Ícone <i>Indicações</i> | 6 |
| 2.7 | Ícone <i>Propriedades</i> | 6 |
| 2.8 | Ícone <i>Gerar Quadros e Diagramas</i> | 7 |
| 2.9 | Ícone <i>Lista</i> | 7 |
| 2.10 | Ícone <i>Utilitários</i> | 8 |
| 2.11 | Ícone <i>Arquitetura</i> | 9 |
| 2.12 | Ícone <i>Assistente de Projeto</i> | 9 |
| 2.13 | Ícone <i>Dimensionamento</i> | 10 |
| 3 | Guia passo a passo do PRÓ-Elétrica | 12 |
| 3.1 | Criar Novo Projeto | 12 |
| 3.2 | Reconhecimento das paredes da planta baixa | 15 |
| 3.3 | Inserir pontos elétricos | 16 |
| 3.4 | Cálculo luminotécnico | 17 |
| 3.5 | Associação de interruptores | 19 |
| 3.6 | Lançamento das tomadas | 20 |
| 3.7 | Inserção do Quadro de Distribuição | 21 |
| 3.8 | Inserção da tubulação | 23 |
| 3.9 | Distribuição dos circuitos | 26 |
| 3.10 | Inserção de condutores | 27 |
| 3.11 | Dimensionamento da tubulação | 30 |
| 3.12 | Quadro de cargas | 31 |
| 3.13 | Diagramas, Listas e Legenda | 34 |
| 3.14 | Padrão de Entrada | 36 |
| 3.15 | Espelho de projeto | 37 |
| 3.16 | Dimensionamento do SPDA | 39 |

1 INTRODUÇÃO

A plataforma PRÓ-Elétrica é apresentada sob a forma de uma barra de ferramentas, sendo um aplicativo para o uso em ferramenta CAD. O AutoCAD 2011, ou versões anteriores como a 2008 ou a 2009, podem ser utilizadas como plataformas CAD para que o PRÓ-Elétrica seja instalado com êxito. Dessa forma, a barra de ferramentas, bem como cada ferramenta específica será apresentada a seguir de forma a melhor apresentar os recursos disponíveis.

Ao abrir o PRÓ-Elétrica através do ícone específico para o programa na estação de trabalho, a área de trabalho do AutoCAD é apresentada ao usuário com a barra de ferramentas do PRÓ-Elétrica reproduzida no canto esquerdo, como mostrado na Figura 1.

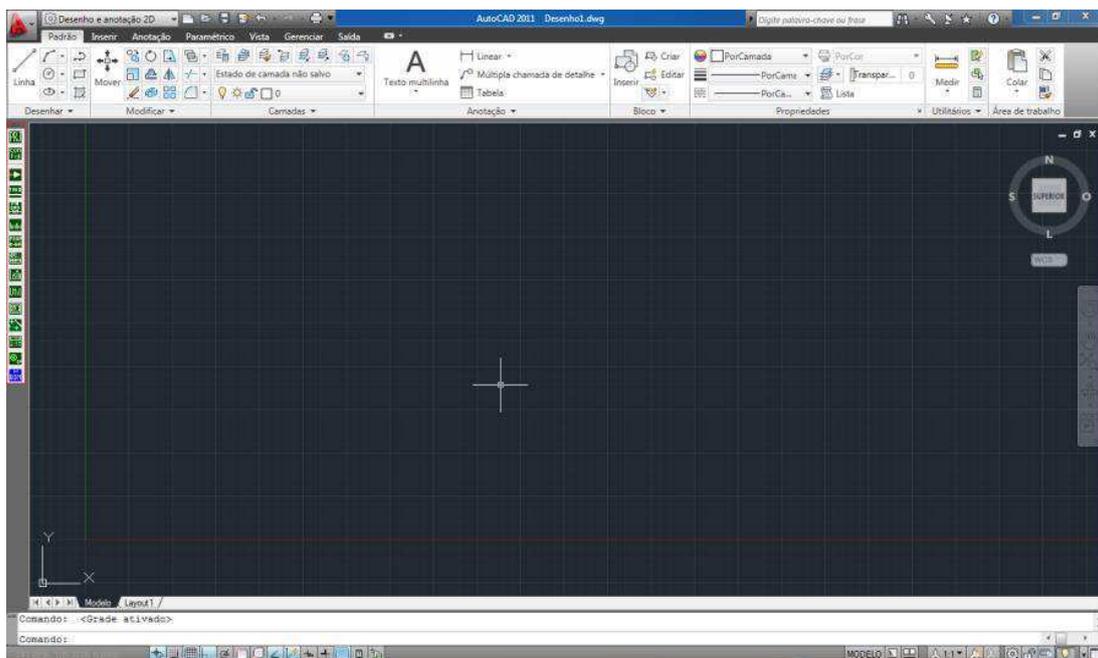


Figura 1. Área de trabalho do AutoCAD com a barra de ferramentas do PRO-Elétrica.

A barra de ferramentas do PRÓ-Elétrica pode ser melhor visualizada na Figura 2. Ao todo, quinze opções são apresentadas em ícones e podem ser acessadas com um clique.



Figura 2. Barra de ferramentas do PRÓ-Elétrica.

2 GUIA DE ÍCONES DO PRÓ-ELÉTRICA

2.1 ÍCONE *PROJETO*

Através do ícone *Projeto*, apresentado na Figura 3 é possível acessar a janela apresentada na Figura 4. A partir dessa janela pode-se criar um novo projeto, abrir um projeto já executado ou em execução, fazer uma duplicação ou alterar as pastas destino para salvar os arquivos. Com as opções de *Projeto Atual* é possível criar as pranchas de projeto, no caso de uma estrutura com diferentes pavimentos, criando ou alterando a escala, o pé-direito, a unidade de medida utilizada, a cota do pavimento e o número de repetições do pavimento.



Figura 3. Ícone da ferramenta *Projeto*.



Figura 4. Janela da ferramenta *Projeto*.

2.2 ÍCONE *CONFIGURAÇÃO*

O ícone *Configuração* apresentado na Figura 5 dá acesso às configurações do PRÓ-Elétrica referentes ao projeto que está sendo executado. As configurações ficam salvas pelo programa e podem ser acessadas e modificadas a qualquer momento, dependendo das exigências do projeto.



Figura 5. Ferramenta *Configuração*.

2.3 ÍCONE *INSERIR SIMBOLOGIA*

O ícone apresentado na Figura 6 é o mais utilizado na execução do projeto elétrico porque contém todos os símbolos necessários para a inserção de pontos elétricos. Ao acessar o ícone *Inserir Simbologia* é possível escolher os tipos de símbolos a serem utilizados para representar tomadas de uso geral e uso específico e seus parâmetros de altitude e potência e de qual circuito farão parte, além de luminárias, quadro de cargas e outros dispositivos elétricos. A janela de acesso a essas opções é apresentada na Figura 7.



Figura 6. Ícone de acesso à ferramenta *Inserir Simbologia*.

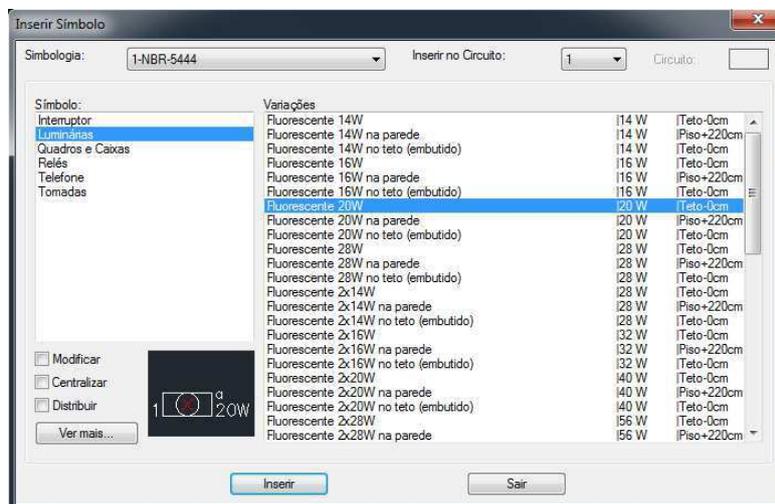


Figura 7. Janela de opções de simbologias a serem utilizadas no projeto elétrico.

2.4 ÍCONE *INSERIR TUBULAÇÃO*

A ferramenta *Inserir Tubulação*, representada pelo ícone mostrado na Figura 8, permite ao projetista executar a inserção de eletrodutos e eletrocalhas entre os pontos de

distribuição dos circuitos, dando as opções de escolher o diâmetro da tubulação, local de passagem da tubulação e os pontos a serem interligados. A janela de opções é apresentada como na Figura 9.



Figura 8. Ferramenta *Inserir Tubulação*.

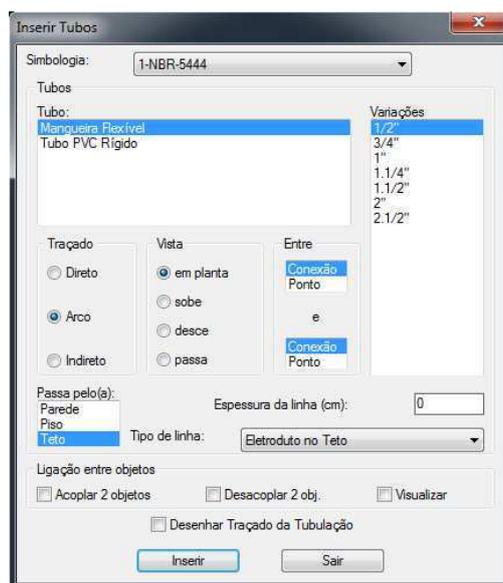


Figura 9. Janela de opções da ferramenta *Inserir Tubulação*.

2.5 ÍCONE *INSERIR FIAÇÃO*

O ícone apresentado como mostrado na Figura 10 representa a ferramenta *Inserir Fiação*. A partir dela, é possível escolher o circuito que se queira dimensionar os condutores e inserir a fiação necessária para ser visualizada na prancha do projeto. Essa inserção segue a norma que sugere a simbologia a ser utilizada para condutores fase, retorno, neutro e terra (condutores de proteção).

É aconselhável por questão de praticidade e otimização do tempo, durante a realização do projeto, utilizar da ferramenta *Assistente de Projeto*, porque esta dá a opção do lançamento automático da fiação e seus símbolos para todos os circuitos previstos. Esta ferramenta será apresentada mais adiante.



Figura 10. Ícone *Inserir Fiação*.

2.6 ÍCONE *INDICAÇÕES*

O ícone apresentado na Figura 11 representa a ferramenta *Indicações*. Essa ferramenta dá a opção ao projetista de indicar no projeto o diâmetro da tubulação e dos condutores utilizados em determinado circuito, a altura de inserção de pontos elétricos, a potência instalada dentre outras opções que podem ser visualizadas como mostrado na Figura 12.



Figura 11. Ícone *Indicações*.

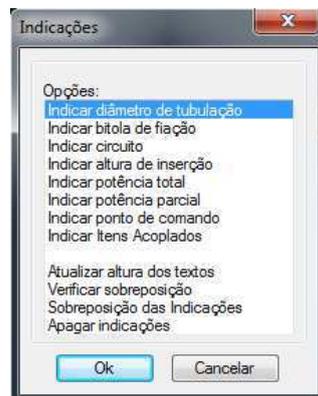


Figura 12. Janela de opções da ferramenta *Indicações*.

2.7 ÍCONE *PROPRIEDADES*

A ferramenta *Propriedades*, representada pelo ícone como mostrado na Figura 13, permite consultar ou modificar as características da tubulação e as conexões em cada circuito, bastando que o usuário selecione quais elementos quer visualizar.



Figura 13. Ícone *Propriedades*.

2.8 ÍCONE GERAR QUADROS E DIAGRAMAS

O ícone apresentado na Figura 14 representa a ferramenta *Gerar Quadros e Diagramas* que permite inserir no projeto os quadros de cargas, que resumem as características dos circuitos e da alimentação, diagramas uni, bi ou trifilares, legenda de símbolos, dentre outras opções que podem ser visualizadas como mostrado na Figura 15.



Figura 14. Ferramenta *Gerar Quadros e Diagramas*.

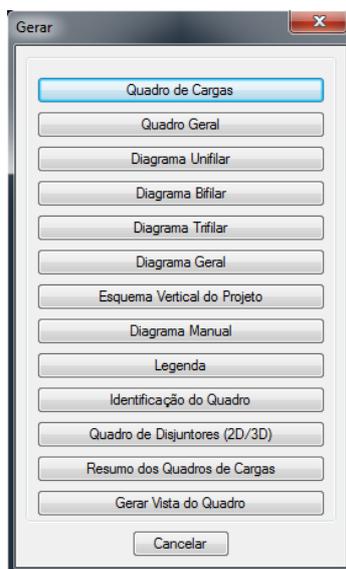


Figura 15. Janela de opções da ferramenta *Gerar Quadros e Diagramas*.

2.9 ÍCONE LISTA

A ferramenta *Lista*, representada pelo ícone como mostrado na Figura 16, permite gerar a lista de materiais prevista para o projeto. É possível gerar a lista de materiais em diferentes formatos de arquivo e inclusive adicioná-la ao desenho. Além

disso, essa ferramenta permite gerar um orçamento sintético do material a ser utilizado, dando uma perspectiva do custo do projeto.



Figura 16. Ícone *Lista de Materiais*.

2.10 ÍCONE *UTILITÁRIOS*

A ferramenta *Utilitários*, representada como mostrado na Figura 17, é de grande auxílio no projeto elétrico e merece atenção. Com essa ferramenta, é possível realizar diversas ações que substituem ferramentas do próprio CAD. Por exemplo, é possível espelhar um projeto elétrico quando se está trabalhando na execução de um edifício onde existem repetições de apartamentos tipo opostos entre si por um eixo de referência, além de outras opções que podem ser visualizadas na Figura 18.



Figura 17. Ícone da ferramenta *Utilitários*.



Figura 18. Janela de opções da ferramenta *Utilitários*.

2.11 ÍCONE *ARQUITETURA*

O ícone apresentado como mostrado na Figura 19 representa a ferramenta *Arquitetura*. Essa ferramenta é útil ao projetista quando oferece as opções de calcular a área do ambiente, embora limitada pela geometria retangular, e acesso à biblioteca de padrões de entrada da alimentação, formada por um banco de dados de diversas concessionárias de distribuição de energia elétrica.



Figura 19. Ícone *Arquitetura*.

2.12 ÍCONE *ASSISTENTE DE PROJETO*

A ferramenta *Assistente de Projeto*, representada como mostrado Figura 20, facilita o trabalho do projetista quando oferece opções de otimização do tempo de execução do projeto, dando suporte na distribuição de tomadas no ambiente, inserção de tubulação e fiação automaticamente, distribuição dos circuitos, entre outras opções que podem ser visualizadas na Figura 21.



Figura 20. Ícone *Assistente de Projeto*.

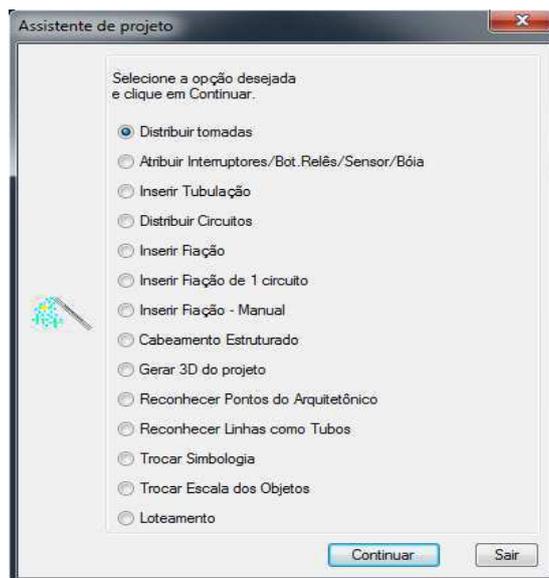


Figura 21. Janela de opções do *Assistente de Projeto*.

2.13 ÍCONE *DIMENSIONAMENTO*

A ferramenta *Dimensionamento*, representada pelo ícone como mostrado na Figura 22, permite realizar o cálculo luminotécnico por ambiente de acordo com o que está previsto em norma para cada tipo de construção e utilização, cálculo da fiação requerida para cada circuito, a tubulação necessária neste caso, além do cálculo da corrente de curto-circuito, da carga de ar-condicionado com conversão de BTU para watt e projeto de SPDA. Todas as opções dessa ferramenta podem ser visualizadas na Figura 23.



Figura 22. Ferramenta *Dimensionamento*.



Figura 23. Menu da ferramenta *Dimensionamento*.

A barra de ferramentas do PRÓ-Elétrica ainda apresenta dois ícones a mais para o auxílio do projeto. Um dos ícones refere-se ao projeto de Cabeamento Estruturado, que permite a inserção de uma estrutura de telecomunicações. Esse tópico não será analisado por não fazer parte dos objetivos didáticos do projeto.

Além desse ícone, existe outro ícone que se refere ao Banco de Dados da empresa que fornece a plataforma PRO-Elétrica, ficando a cargo do usuário a opção de inserir ou não os seus projetos.

3 GUIA PASSO A PASSO DO PRÓ-ELÉTRICA

3.1 CRIAR NOVO PROJETO

1º) Clique no ícone 'Projeto' para criar um novo projeto. Aparecerá a janela apresentada na Figura 24.

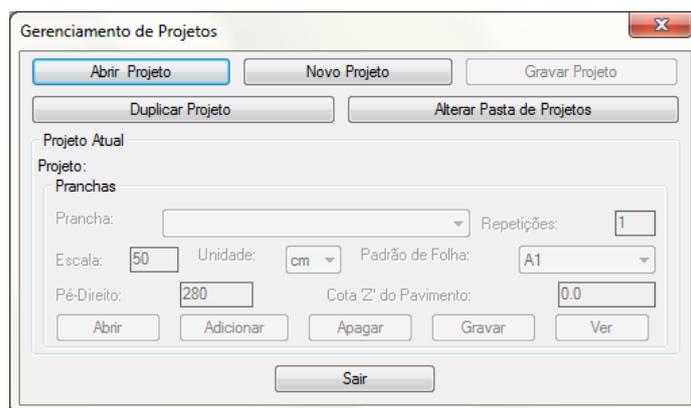


Figura 24. Janela da ferramenta *Projeto*.

2º) Clique em 'Novo Projeto'. Na janela apresentada na Figura 25, digite o nome do projeto e clique em 'Ok'.

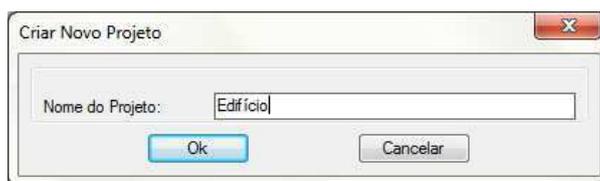


Figura 25. Janela 'Criar Novo Projeto'.

3º) Na janela apresentada na Figura 24, clique em 'Adicionar' e insira as pranchas que serão criadas no projeto, no caso de mais de um pavimento, e indique os parâmetros: Tamanho do papel, 'Número de repetições' do pavimento, 'Escala', 'Pé-direito' e 'Cota Z do Pavimento' que corresponde à altura do pavimento com relação à terra.

4º) Ao final, na janela de 'Projeto', deverão estar indicadas todas as pranchas, como pode ser visto na Figura 26.

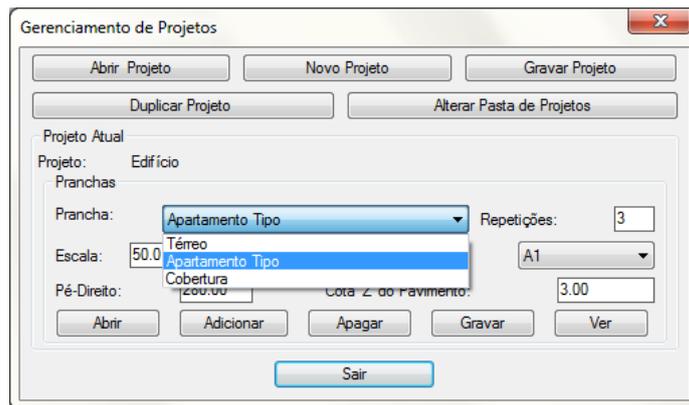


Figura 26. Janela da ferramenta *Projeto*.

5º) Clique em ‘Gravar’, depois clique em ‘Gravar Projeto’. Escolha a prancha que será trabalhada e clique em ‘Abrir’. Note que na área de trabalho do AutoCAD apareceu uma prancha de desenho como apresentado na Figura 27.

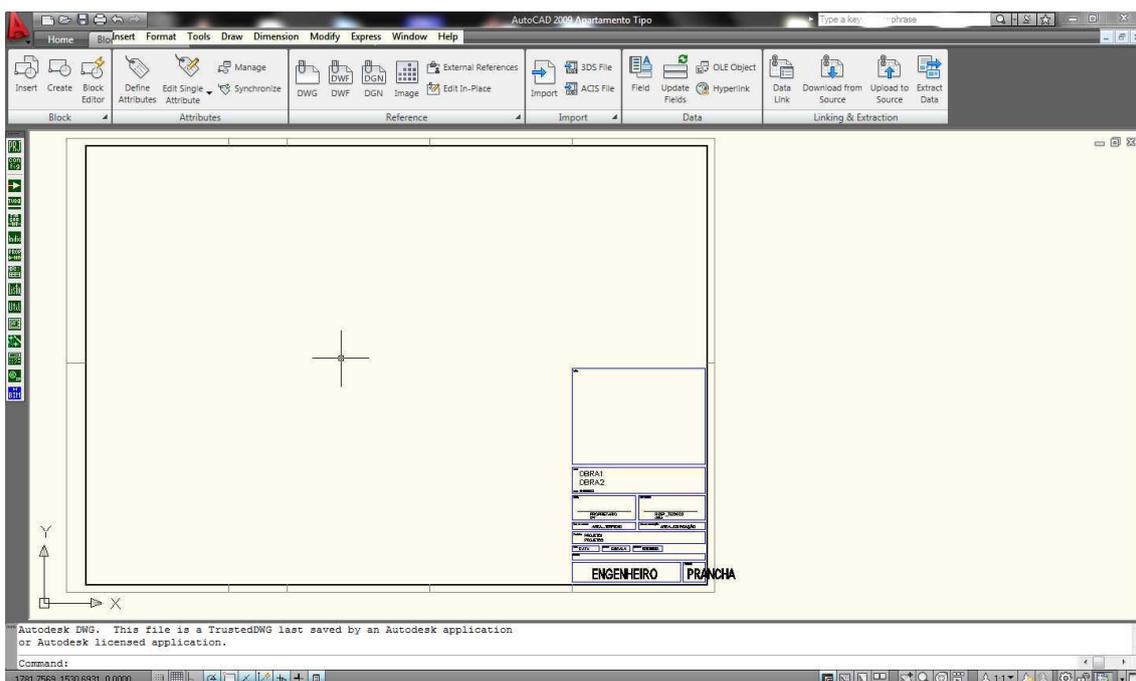


Figura 27. Prancha gerada na área de trabalho do AutoCAD.

As pranchas de projeto são salvas em arquivos .DWG separados, mas que devem estar contidos numa mesma pasta. Para acessá-la, vá até ‘C:\PRJ_PROE’ e acesse a pasta que você nomeou no passo 2.

6º) Para inserir um desenho de arquitetura, clique em ‘Inserir’>‘Inserir Blocos’, na barra de ferramentas do AutoCAD.

7º) Na janela apresentada na Figura 28 clique em ‘Procurar’. Selecione o arquivo .DWG de sua preferência, clique ‘Abrir’, desmarque a opção ‘Explodir’ e clique em ‘Ok’.

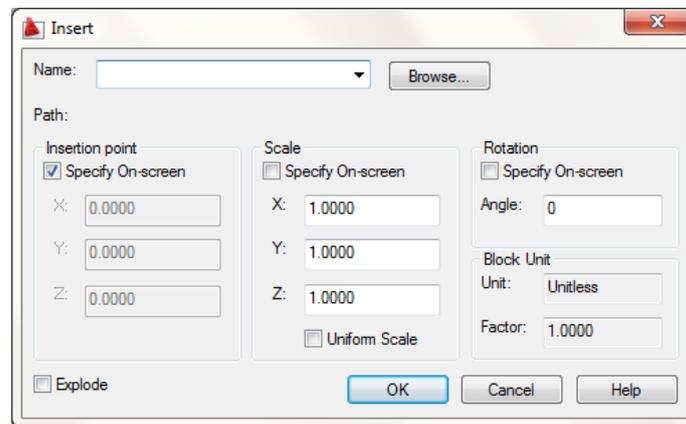


Figura 28. Inserção de blocos de desenho.

8º) Com o mouse, sem clicar, selecione um local de sua preferência para inserir o desenho. Dê um clique simples. O desenho aparecerá no local indicado como exemplificado na Figura 29.

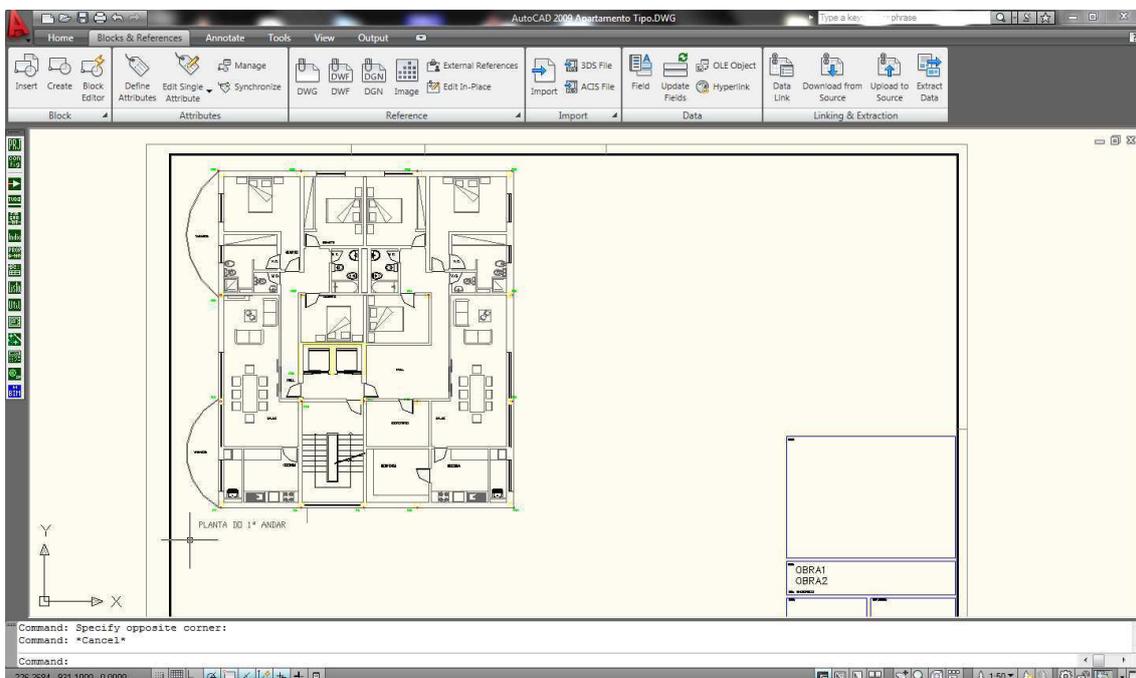


Figura 29. Bloco de desenho inserido em uma prancha.

Caso você tenha problemas de escala, utilize o comando SCALE do AutoCAD.

- 1º) Selecione o desenho que você quer modificar a escala.
- 2º) Digite o comando 'sc' e aperte 'enter'. Clique em um ponto da tela de sua preferência para servir de referência.
- 3º) Digite o fator de multiplicação da escala. Se maior que 1, o desenho aumenta. Se menor que 1, o desenho diminui.

Se for da sua preferência, clique em 'Configuração' para estabelecer as configurações de sua preferência.

3.2 RECONHECIMENTO DAS PAREDES DA PLANTA BAIXA

- 1º) Clique em 'Arquitetura' > 'Definir Paredes'. Selecione todo o desenho e aperte 'enter'. Aparecerá a janela apresentada na Figura 30.



Figura 30. Escolha dos layers das paredes.

- 2º) Escolha o layer em que o desenho foi feito e clique em 'Ok'. Na janela apresentada na Figura 31, indique as espessuras das paredes e clique em 'Ok'.

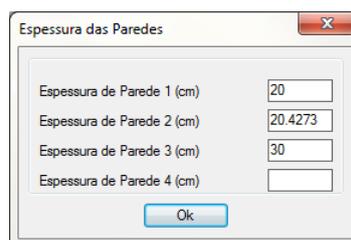


Figura 31. Espessura das paredes.

Se esse procedimento for ignorado ou não for realizado corretamente, os componentes poderão ser lançados indicando-se a região para inserção.

3.3 INSERIR PONTOS ELÉTRICOS

1º) Clique em ‘*Inserir Simbologia*’. Na janela apresentada na Figura 32, escolha a ‘Simbologia’ a ser adotada e qual o ‘Símbolo’ se quer inserir.

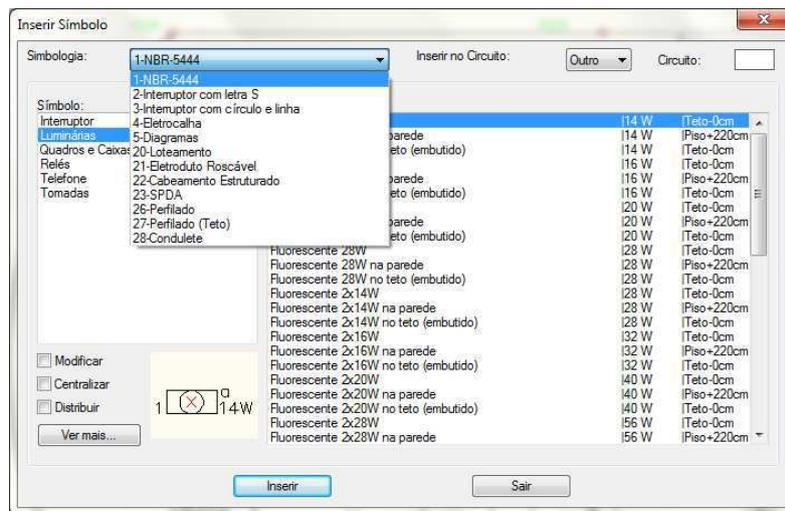


Figura 32. Janela da ferramenta *Inserir Simbologia*.

2º) Para começar, escolha as ‘luminárias’ que se quer inserir no ambiente, seguidos pelos seus respectivos ‘interruptores’ escolhendo suas ‘variações’.

3º) Indique o circuito do qual o ponto elétrico faz parte em ‘Inserir no Circuito’ ou ‘Circuito’.

4º) Clique em ‘centralizar’, ‘distribuir’ ou ‘modificar’ para inserir da maneira de sua preferência.

5º) Ao clicar em ‘centralizar’, será pedido para selecionar a área de inserção. Selecione, e se for a área desejada, aperte ‘enter’. Se não, selecione o perímetro e aperte ‘enter’.

6º) Ao clicar em ‘distribuir’ será pedido para indicar a quantidade de luminárias e a sua distribuição em linhas e colunas.

7º) Ao clicar em modificar, aparecerá a janela de propriedades do elemento que se quer inserir. Modifique à sua maneira e clique em ‘Ok’. Escolha a localização do objeto e dê um clique simples, indicando a sua rotação.

8º) Um dos passos 5, 6 ou 7 pode ser escolhido para inserir o símbolo desejado. Um exemplo de símbolo sendo colocado no desenho pode ser visto na Figura 33.

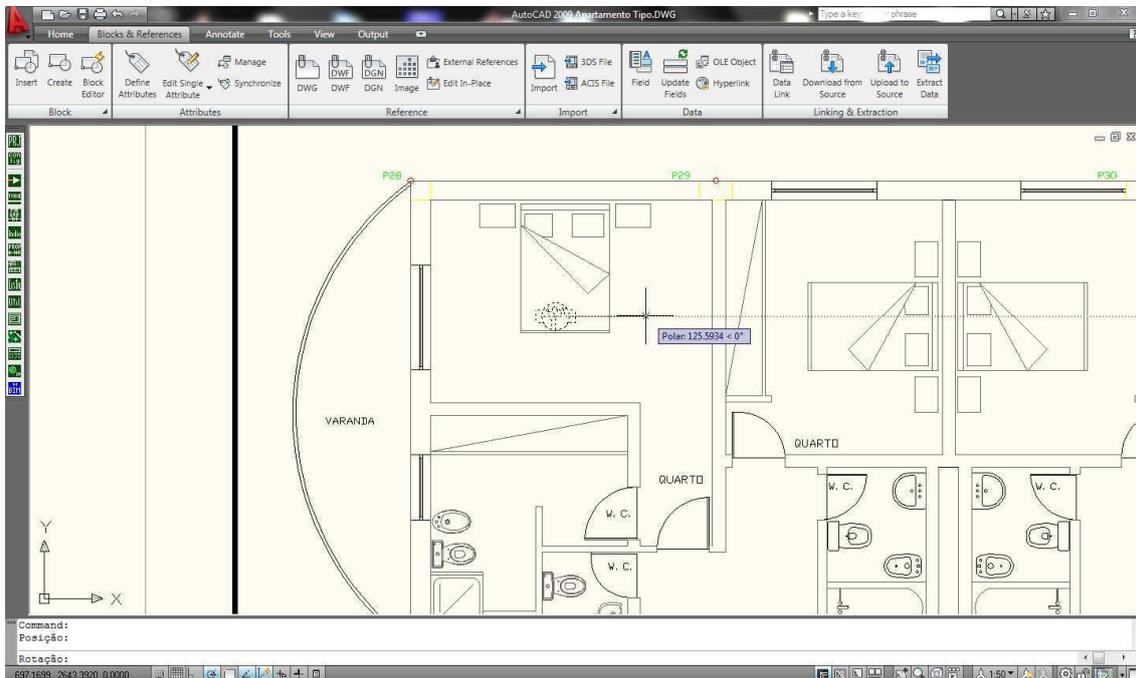


Figura 33. Inserção de símbolos no desenho.

Em áreas não retangulares, é preferível inserir manualmente o ponto elétrico. Os símbolos que já foram inseridos podem ser acessados com um clique duplo. Ao clicar, uma janela com as informações do símbolo se abrirá. Essas configurações podem ser alteradas pelo usuário.

7º) Se quiser criar seus próprios padrões, clique em '*Propriedades*' e modifique as configurações dos símbolos que deseja.

3.4 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

1º) Clique em '*Dimensionamento*'. Na janela apresentada na Figura 34, clique em '*Cálculo Luminotécnico*'.



Figura 34. Janela da ferramenta *Dimensionamento*.

2º) Selecione a área desejada para o cálculo. Se for a área desejada, digite 'S', se não, digite 'N' e selecione novamente até obter êxito.

3º) Nas janelas apresentadas na Figura 35, clique em 'Selecionar' para escolher a luminária de sua preferência. Na próxima janela, clique em 'Selecionar'.

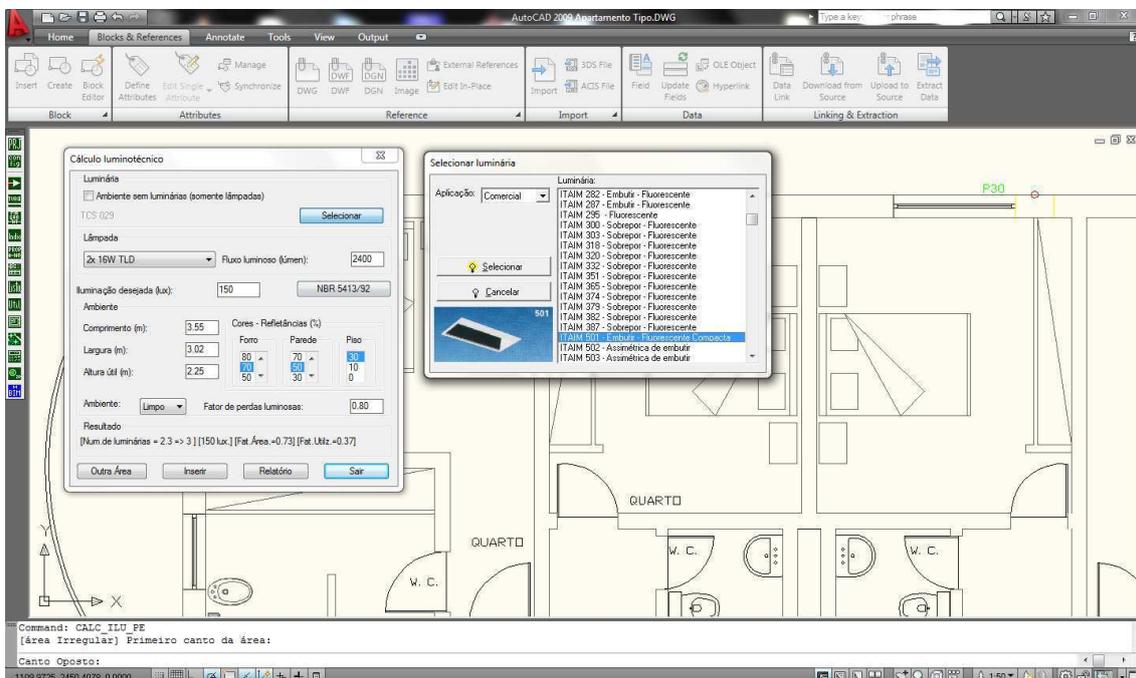


Figura 35. Cálculo luminotécnico.

4º) Clique em 'NBR 5413/92' para escolher a iluminação desejada de acordo com o tipo de ambiente.

5º) Verifique os parâmetros de área do ambiente. Escolha as ‘Refletâncias’, o tipo de ‘Ambiente’ e o ‘Fator de perdas’. O resultado é mostrado com o número de luminárias necessária para o ambiente. Caso queira modificar, utilize outros parâmetros repetindo os passos anteriores.

6º) Para gerar ‘Relatório’ de cálculo luminotécnico, clique em ‘Novo Relatório’ e basta inserir um nome e clicar em ‘Salvar’. Para visualizar clique em ‘Visualizar Relatório’.

7º) Para inserir as luminárias que foram calculadas, clique em ‘Inserir’.

8º) Na janela que aparece, escolha a ‘Variação’ de sua preferência e de acordo com o sugerido pela norma. Indique o ‘Circuito’. Clique em ‘Inserir’.

9º) Na janela seguinte, escolha a quantidade de luminárias e a distribuição. Clique em ‘Ok’. As luminárias serão distribuídas automaticamente no ambiente, como exemplificado no detalhe, na Figura 36.

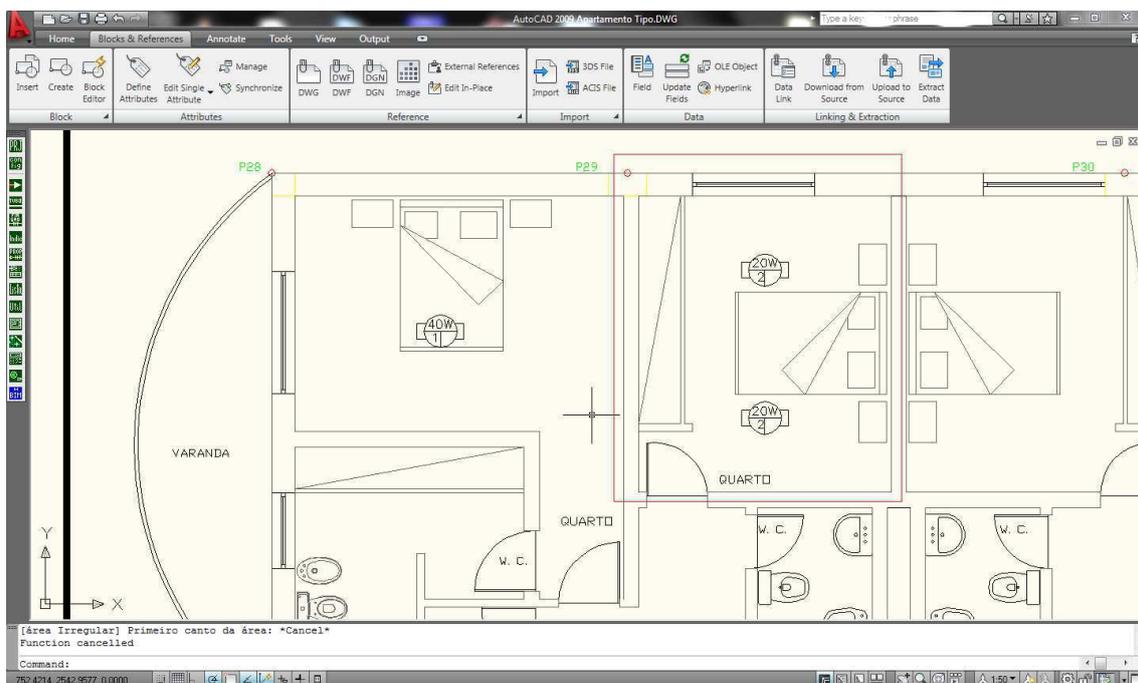


Figura 36. Distribuição dos pontos de iluminação inseridos após o cálculo lumintécnico.

3.5 ASSOCIAÇÃO DE INTERRUPTORES

1º) Utilize os passos identificados em ‘Inserir Simbologia’ e insira os interruptores de sua preferência para o comando dos pontos de iluminação.

2º) Clique em ‘Assistente de Projeto’ > ‘Atribuir Interruptores’. Selecione com um clique cada um dos interruptores e dos pontos de luz para atribuir o comando. Aperte ‘enter’.

Em caso de interruptores paralelos, indique o ponto de comando desejado. Clique em ‘Ok’.

Se a ‘Atribuição de Interruptores’ não for realizada, o programa gerará um erro identificando pontos que estão flutuando na instalação.

3.6 LANÇAMENTO DAS TOMADAS

1º) Clique ‘*Inserir Simbologia*’. Escolha a ‘simbologia’ e a tomada de sua preferência, em ‘*Variações*’. A janela apresentada na Figura 37 será mostrada.

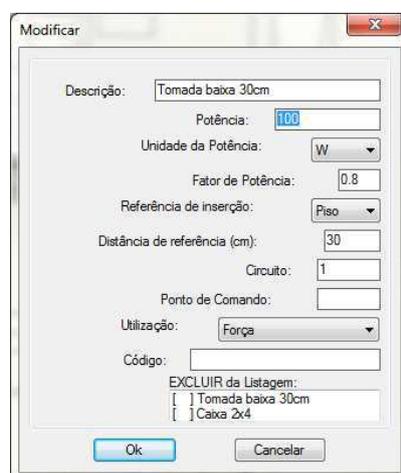


Figura 37. Janela de configuração dos pontos elétricos.

2º) Indique a potência de alimentação da tomada de acordo com o que a norma prevê e o circuito do qual a tomada fará parte.

3º) Indique a ‘utilização’ e os outros parâmetros que desejar. Clique em ‘Ok’.

4º) Com o cursor do mouse, localize o ponto desejado e clique, indicando a rotação.

O lançamento das tomadas pode ser realizado de forma automática.

1º) Clique em ‘*Assistente de Projeto*’>’Distribuir Tomadas’. Escolha a ‘simbologia’ e a tomada de sua preferência, em ‘*Variações*’.

2º) Na janela mostrada na Figura 38, estabeleça os parâmetros de instalação das tomadas. Lembre-se de seguir as prescrições da norma para número e espaçamento de tomadas e a potência de alimentação de acordo com o ambiente e o uso.

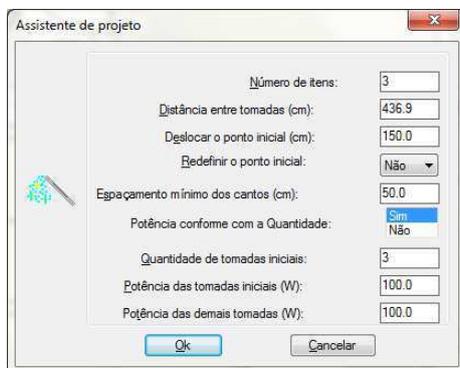


Figura 38. Parâmetros de lançamento de tomadas.

O PRÓ-Elétrica realiza o cálculo da potência necessária para alimentar uma tomada de Ar-condicionado. Basta clicar em 'Dimensionamento' > 'Carga de Ar-condicionado'. Selecione a área para o cálculo. Na janela que aparece, informe os parâmetros do ambiente e clique em 'Ok'. Será pedido para gerar um relatório. Clique em 'Salvar'. Com o valor da potência em BTU, clique em 'Inserir simbologia' e escolha a tomada de potência imediatamente superior e realize os passos de inserção.

3.7 INSERÇÃO DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

Após lançados todos os pontos elétricos, que incluem tomadas de uso geral e específico, interruptores e pontos de iluminação, o lançamento do(s) quadro(s) de distribuição pode ser realizado.

1º) Clique em 'Inserir Simbologia'. Escolha o quadro de distribuição de sua preferência. Clique em 'Inserir'. Nas janelas seguintes, indique os parâmetros desejados e clique em 'Ok'. Os dados do(s) quadro(s) de Distribuição poderão ser modificados na janela apresentada na Figura 39.

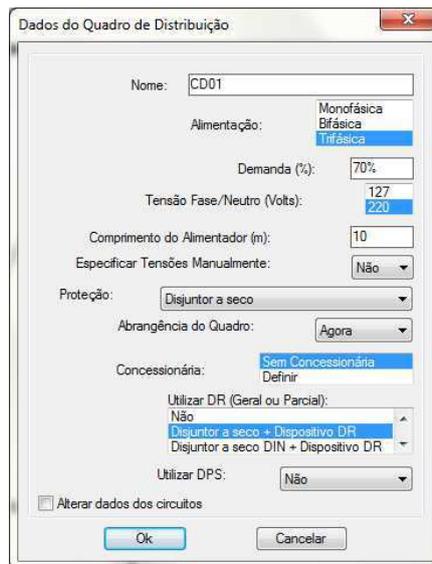


Figura 39. Janela de configuração do QD.

2º) Selecione os pontos elétricos que pertencerão ao quadro e aperte 'enter'. O quadro será posicionado no centro de cargas da instalação como mostrado na Figura 40. Escolha a localização desejada (embutido em uma parede) e dê um clique indicando a rotação.

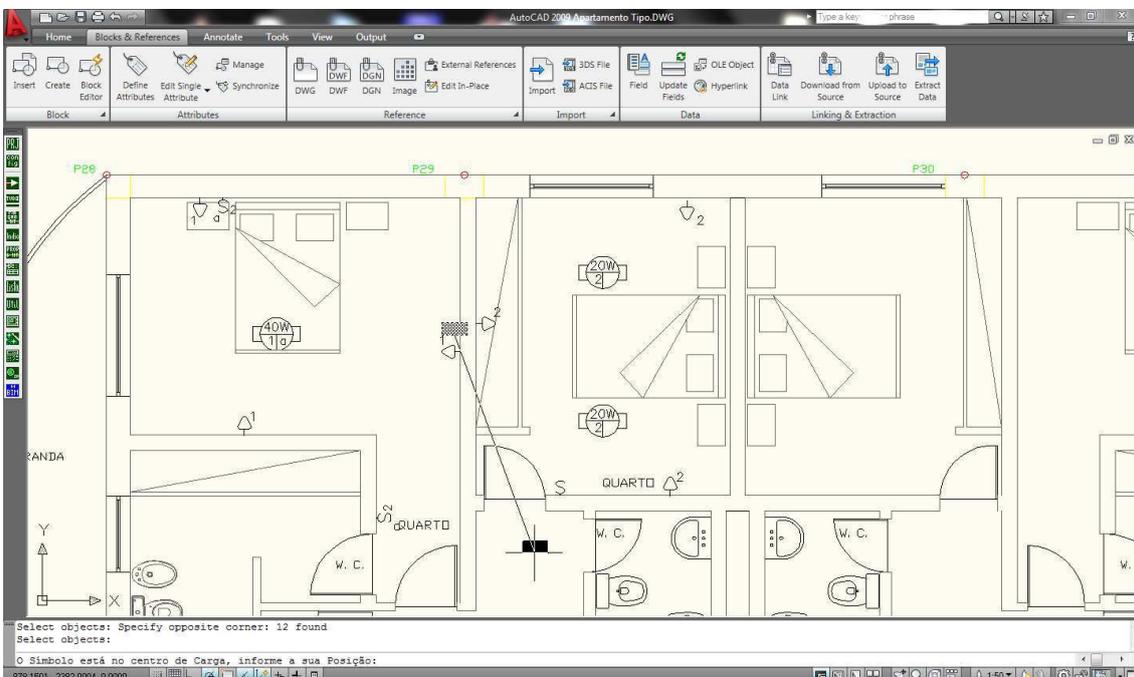


Figura 40. Inserção do Quadro de Distribuição.

3º) Com um clique duplo, a janela apresentada na Figura 39 aparece e é permitido realizar as modificações que desejar.

3.8 INSERÇÃO DA TUBULAÇÃO

Após inserir todos os pontos elétricos e o(s) quadro(s) de distribuição, a inserção da tubulação pode ser realizada de forma manual, ponto a ponto, ou automática, em toda a instalação.

1º) Clique em ‘*Inserir Tubulação*’. Na janela apresentada na Figura 41, escolha o tipo de tubo que será utilizado, a seção transversal em ‘variações’, o tipo de ‘traçado’ e o local de passagem, além do ‘Tipo de linha’. Clique em ‘Inserir’.

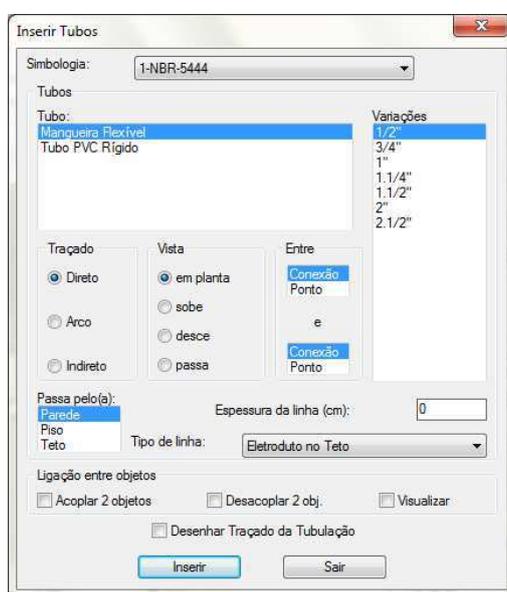


Figura 41. Janela da ferramenta *Inserir Tubulação*.

2º) Selecione os dois pontos que serão ligados. Se você escolheu o traçado Direto, uma linha reta aparecerá entre os dois pontos. Se você escolheu o traçado em arco, escolha o raio do arco com o cursor do mouse e dê um clique. Isso é exemplificado no detalhe da Figura 42.

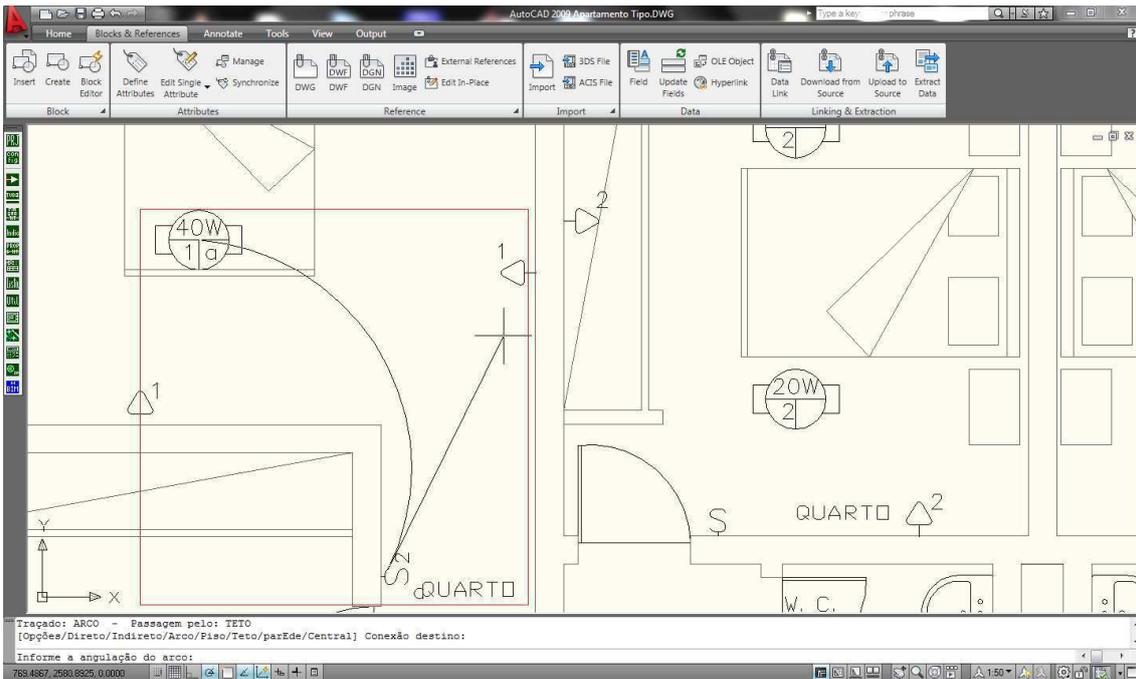


Figura 42. Procedimento de inserção da tubulação com traçado em arco.

3º) Faça isso entre todos os pontos do ambiente e o ponto onde se localizará a caixa de passagem. Geralmente, a luminária central do ambiente é utilizada como ponto de passagem. Você obterá algo semelhante ao mostrado na Figura 43.

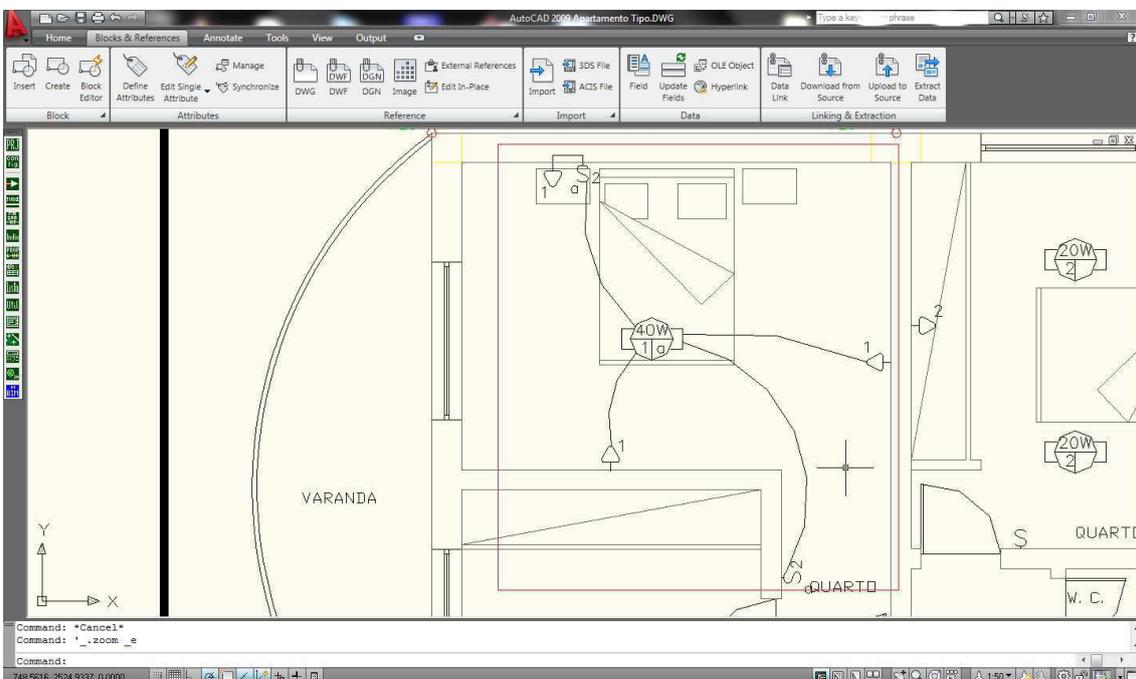


Figura 43. Resultado da inserção da tubulação em um ambiente.

Para o caso de traçados Indiretos (dentro da parede) entre dois pontos, você pode realizar os passos seguintes:

- 1º) Clique em ‘Inserir Tubulação’ e selecione o traçado Indireto pela Parede. Clique em ‘Inserir’.
- 2º) Selecione o ponto inicial e o ponto final. Digite ‘u’ indicando que só há ‘Uma parede’ entre os objetos. Com o cursor do mouse indique a direção, para dentro ou para fora da parede, e dê um clique. O desenho aparecerá semelhantemente ao mostrado na Figura 44.

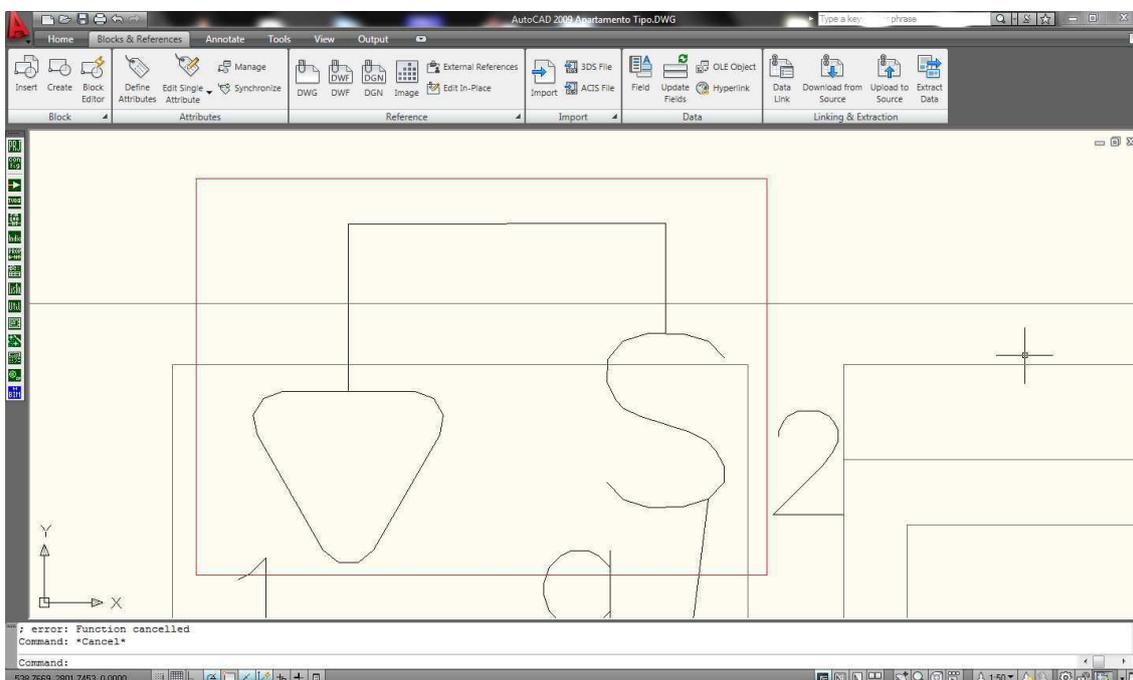


Figura 44. Resultado da inserção da tubulação na parede.

- 3º) Caso os pontos se encontrem em paredes distintas, digite ‘d’ indicando que há ‘Duas paredes’ entre os pontos. Indique as paredes e a direção.

Caso a ligação entre os pontos elétricos não seja realizada corretamente, o programa identificará que existem pontos flutuando na instalação, indicando o local de cada um deles. Repita o processo de inserção da tubulação para estes casos e, se for necessário e de sua preferência, lance a tubulação automaticamente para cada ambiente ou para todo o desenho. Basta clicar em ‘Assistente de projeto’>’Inserir tubulação’ e realizar os procedimentos de inserção.

3.9 DISTRIBUIÇÃO DOS CIRCUITOS

A próxima etapa é a distribuição dos circuitos de acordo com o que foi elaborado nos procedimentos anteriores.

1º) Clique em ‘Assistente de Projeto’>’Distribuir Circuitos’. A janela apresentada na Figura 45 se abrirá. Selecione o quadro a distribuir os circuitos e clique em ‘Ok’.

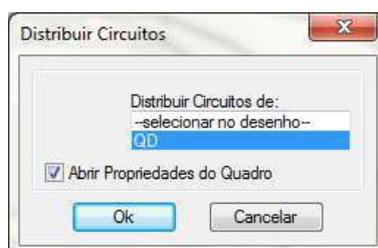


Figura 45. Escolha do QD para realizar a distribuição dos circuitos.

2º) Verifique as propriedades do QD e clique em ‘Ok’. A janela apresentada na Figura 46 se abrirá.

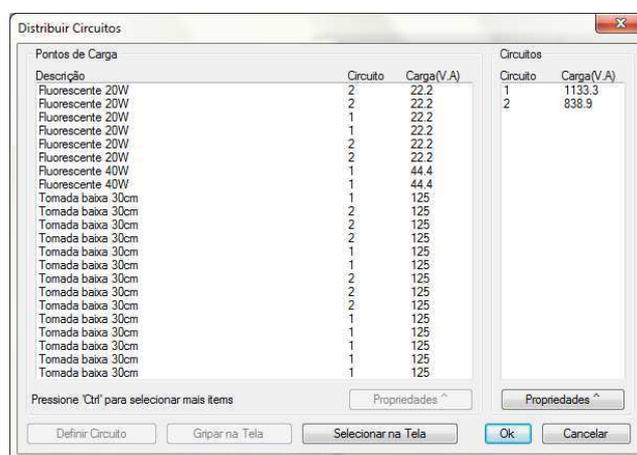


Figura 46. Configurações dos pontos elétricos distribuídos nos circuitos.

3º) Verifique as configurações dos circuitos que são apresentadas para cada ponto inserido.

4º) Clique em ‘Selecionar na Tela’ e selecione todos os componentes que farão parte do quadro de distribuição escolhido.

5º) Caso existam componentes que não estão atribuídos ao quadro, será gerada uma mensagem informando a necessidade da atribuição. Clique em ‘Atribuir’ e automaticamente o programa fará o trabalho.

3.10 INSERÇÃO DE CONDUTORES

Antes de inserir os condutores nos circuitos distribuídos, é necessário verificar se o projeto contém erros e realizar o cálculo da fiação.

1º) Clique em ‘*Utilitários*’>’Verificação de Erros’. Se não houver nenhum erro, uma mensagem do AutoCAD aparecerá indicando: ‘Aparentemente nenhum erro foi identificado!’.

2º) Caso haja erros, o programa identificará a localização dos erros e corrigirá automaticamente os que forem possíveis. Caso existam erros de atribuição, é necessário realizar o processo de ‘Atribuição de Interruptores’.

3º) O cálculo da fiação pode ser realizado clicando-se em ‘*Dimensionamento*’>’Dimensionar Fiação’. Na janela seguinte selecione o quadro de distribuição e clique em ‘Ok’. A janela de propriedades do quadro sempre será aberta para verificações ou modificações.

4º) Faça a escolha de habilitar a Redução de Bitola do Neutro e Terra. Clique em ‘Ok’.

5º) A janela apresentada na Figura 47 aparecerá. O cálculo contará com os critérios da ‘queda de tensão’ e da ‘capacidade de condução de corrente’.

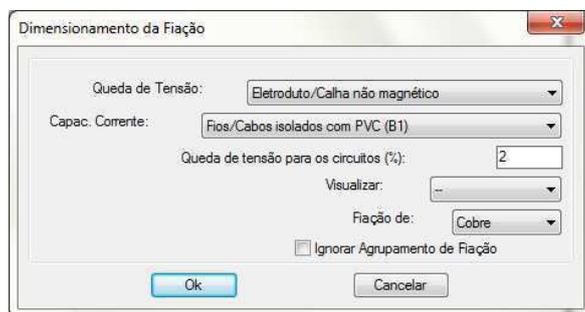


Figura 47. Escolha dos aspectos construtivos da tubulação e da fiação.

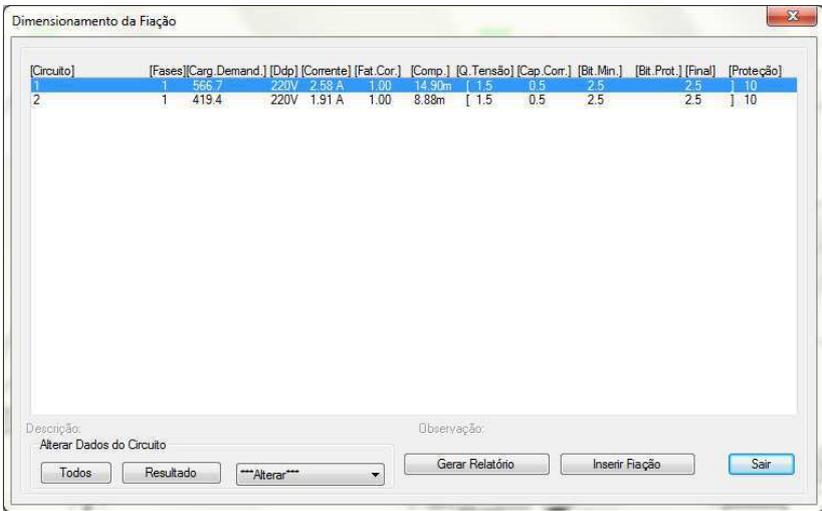
6º) Escolha o aspecto construtivo do eletroduto e a forma de instalação de acordo com os métodos de referência. A escolha do método pode ser feita em ‘Visualizar’ para ter acesso a uma tabela.

7º) Estabeleça o limite de queda de tensão (em %).

8º) Escolha o material do condutor.

9º) Desabilite a opção ‘Ignorar Agrupamento de Fiação’. Clique em ‘Ok’.

10º) A janela apresentada na Figura 48 será mostrada. Nessa janela, você pode ‘alterar os dados dos circuitos’, visualizar o ‘resultado’ do cálculo e ‘gerar relatório’. Clique em ‘Inserir Fiação’.



The screenshot shows a window titled "Dimensionamento da Fiação" with a table of circuit data. The table has the following columns: [Circuito], [Fases], [Carg. Demand.], [Ddp], [Corrente], [Fat. Cor.], [Comp.], [Q. Tensão], [Cap. Corr.], [Bit. Min.], [Bit. Prot.], [Final], and [Proteção]. The data rows are:

| [Circuito] | [Fases] | [Carg. Demand.] | [Ddp] | [Corrente] | [Fat. Cor.] | [Comp.] | [Q. Tensão] | [Cap. Corr.] | [Bit. Min.] | [Bit. Prot.] | [Final] | [Proteção] |
|------------|---------|-----------------|-------|------------|-------------|---------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------|------------|
| 1 | 1 | 565.7 | 220V | 2.68 A | 1.00 | 14.90m | 1.5 | 0.5 | 2.5 | 2.5 | 10 | |
| 2 | 1 | 419.4 | 220V | 1.91 A | 1.00 | 8.88m | 1.5 | 0.5 | 2.5 | 2.5 | 10 | |

Below the table, there are buttons for "Alterar Dados do Circuito", "Todos", "Resultado", "Alterar", "Gerar Relatório", "Inserir Fiação", and "Sair".

Figura 48. Resultado do dimensionamento dos condutores, com os valores das bitolas mínimas.

11º) Na janela mostrada na Figura 49, selecione as isolações dos condutores a serem utilizados para os circuitos terminais e para o alimentador. Clique em ‘Continuar’.

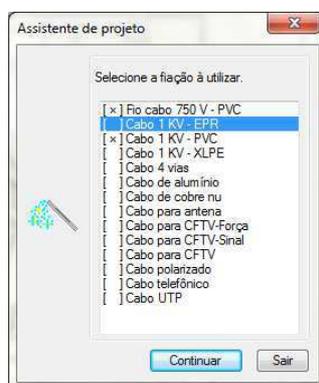


Figura 49. Escolha da isolação dos condutores.

12º) Na janela mostrada na Figura 50, selecione a bitola do Terra. Obedeça aos padrões exigidos pela norma. Clique em ‘Continuar’.



Figura 50. Escolha da bitola do Terra.

13º) O lançamento automático dos condutores começa a ser realizado. Em alguns pontos onde a simbologia não cabe, o programa pede para indicar próximo ao local. Basta afastar com o cursor do mouse e clicar ou teclar ‘enter’.

14º) Aguarde todo o lançamento. O resultado se apresentará como mostrado na Figura 51.

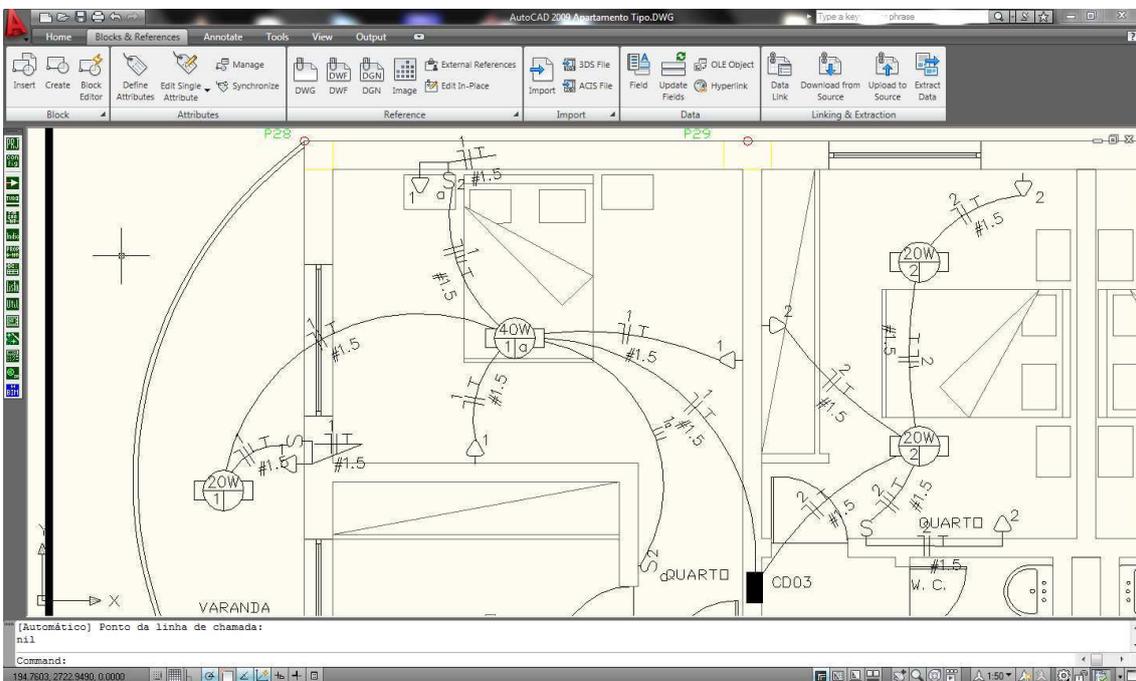


Figura 51. Resultado do lançamento da fiação.

Os eletrodutos suportam determinados graus de ocupação de sua seção transversal. Podem existir até três circuitos dentro de um único eletroduto. O exemplo apresentado é simples e só mostra um circuito por eletroduto, mas o procedimento é o mesmo para o caso de um maior número de circuitos.

No ícone ‘*Configuração*’ é possível alterar o posicionamento dos indicadores dos circuitos. Basta clicar em ‘Configurações Avançadas’>’de Fiação’.

O ícone ‘*Inserir Fiação*’ pode ser de auxílio nas modificações das características gráficas da fiação.

3.11 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO

As tubulações e os condutores já foram inseridos nos passos anteriores. Caso queira realizar o cálculo dos diâmetros das tubulações, siga os passos seguintes.

1º) Clique em ‘*Dimensionamento*’>’Dimensionar Tubulação’. A janela mostrada na Figura 52 serve para escolher onde se quer calcular o diâmetro da tubulação.

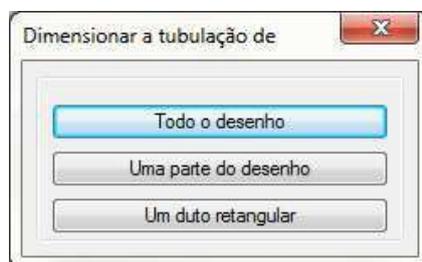


Figura 52. Escolha do local de cálculo.

2º) Faça sua escolha com um clique. A janela mostrada na Figura 53 é apresentada com o diâmetro da tubulação, a ocupação máxima para aquela aplicação, a taxa de ocupação e a geometria da seção. Para identificar as tubulações basta selecionar a desejada e clicar ‘Grip na Tela’. A tubulação selecionada irá aparecer tracejada no desenho.

| Tubo | N Fios | Dimensão | Máximo | Utilizado | Seção | Dividir | Status |
|------|--------|----------|--------|-----------|----------|---------|--------|
| 1 | 3 | 1/2" | 40% | 28.5% | Circular | 1 | OK |
| 2 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |
| 3 | 5 | 3/4" | 40% | 17.7% | Circular | 1 | OK |
| 4 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |
| 5 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |
| 6 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |
| 7 | 4 | 1/2" | 40% | 34.8% | Circular | 1 | OK |
| 8 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |
| 9 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |
| 10 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |
| 11 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |
| 12 | 4 | 1/2" | 40% | 34.8% | Circular | 1 | OK |
| 13 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |
| 14 | 4 | 1/2" | 40% | 34.8% | Circular | 1 | OK |
| 15 | 3 | 1/2" | 40% | 25.3% | Circular | 1 | OK |

Buttons: Gripe na tela, Alterar Diâmetro, Dividir Tubo, Configuração, Exportar, Aplicar, Sair

Figura 53. Resultado do dimensionamento da tubulação.

3º) Ao clicar em ‘Alterar Diâmetro’, você poderá alterar a seção da tubulação selecionada.

4º) Ao clicar em ‘Dividir Tubo’, é possível dividir a tubulação em duas ou mais para diminuir a taxa de ocupação em cada uma.

5º) Ao clicar em ‘Configuração’ você pode alterar as taxas de ocupação máximas previstas em norma.

6º) Clique em ‘Aplicar’. Pronto, as tubulações estão com as suas taxas de ocupação calculadas e dentro dos limites admissíveis.

3.12 QUADRO DE CARGAS

1º) O Quadro de Cargas do projeto pode ser inserido clicando em ‘Gerar Quadros >’ Quadros de Cargas’. Na janela mostrada na Figura 54, escolha o quadro de distribuição a ser representado no Quadro de Cargas e se quer gerar o Diagrama Unifilar.

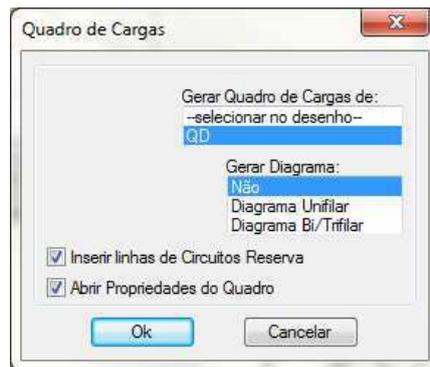


Figura 54. Escolha do Quadro de Cargas a ser representado.

2º) Habilite 'Inserir linhas de Circuito Reserva' e 'Abrir Propriedades do Quadro'. Clique em 'Ok'.

3º) A janela de propriedades do QD se abrirá. Modifique segundo suas preferências e clique em 'Ok'.

4º) Na janela apresentada na Figura 55, selecione o critério de cálculo do alimentador. Geralmente se escolhe o de maior potência.

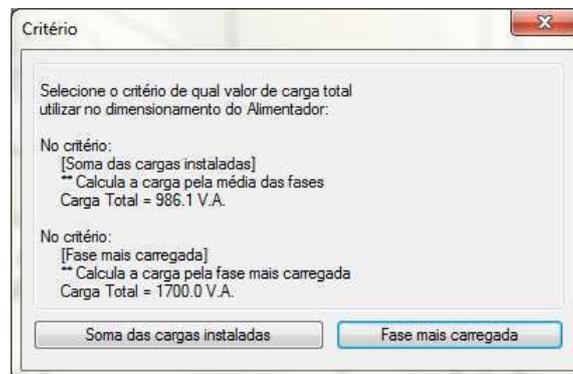


Figura 55. Escolha do critério de cálculo do alimentador.

5º) Na janela apresentada na Figura 56, dimensione o alimentador do QD e clique em 'Ok'.

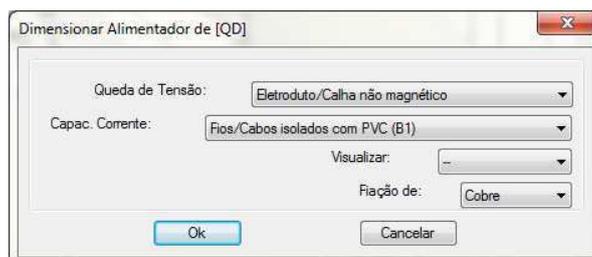


Figura 56. Dimensionamento do alimentador.

6º) Na janela apresentada na Figura 57, é possível verificar os resultados do cálculo do alimentador. Todos esses resultados podem ser alterados nas opções apresentadas na parte inferior da janela.

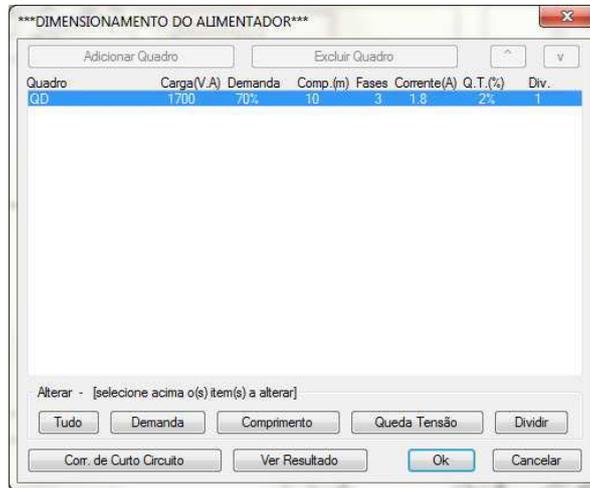


Figura 57. Resultado do dimensionamento do alimentador.

7º) Ao clicar em 'Ver Resultado' você pode verificar os parâmetros do alimentador, como mostrado na Figura 58. Clique em 'Ok' e em 'Ok' novamente.

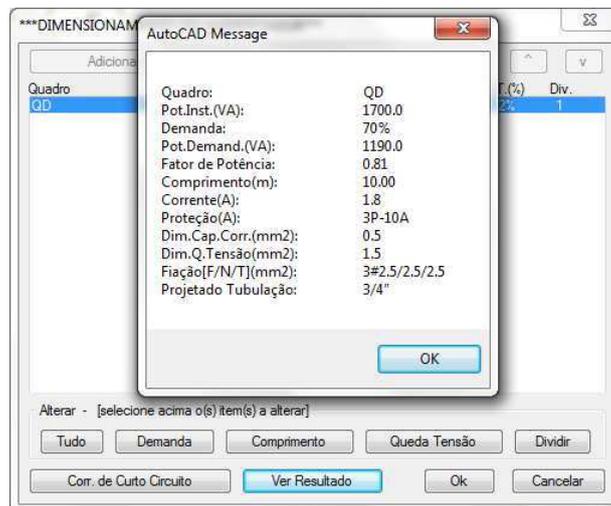


Figura 58. Resultado do dimensionamento do alimentador.

8º) Selecione um espaço no projeto para que você possa inserir o Quadro de Cargas. Um exemplo de um Quadro de Cargas gerado pelo programa é apresentado na Figura 59.

| Quadro de Cargas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|------------|-----|-----|-----------|------|------|-----------|-------|--------|---------|-------------|------------------|---------|---------|---------|-----------------------|-----------|-------|---|
| Ap102 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Circ. | Descrição | Iluminação | | | Torneiras | | | Chuveiros | | Pot. W | Pot. VA | Demanda (%) | Fator Pot. | Corr. A | Fusível | Prot. A | Cond. mm ² | Fases ABC | Obs. | |
| | | 20W | 40W | 60W | 100W | 300W | 600W | 4500W | 1875W | | | | | | | | | | | |
| 1 | Circuito 1 | | | 2 | | 4 | | | | 520 | 620,00 | 100% | 0,8 ^a | 2,02 | 1 | 10A | 2,5 | C | Obs.: | |
| 2 | Circuito 2 | | 1 | 2 | | 2 | | | | 360 | 410,00 | 100% | 0,8 ^a | 1,86 | 1 | 10A | 2,5 | B | Obs.: | |
| 3 | Circuito 3 | | 1 | 2 | | 5 | 2 | | | 1260 | 1535,00 | 100% | 0,8 ^a | 6,88 | 1 | 10A | 2,5 | B | Obs.: | |
| 4 | Circuito 4 | | 2 | | | 1 | | | | 180 | 205,00 | 100% | 0,8 ^a | 0,93 | 1 | 10A | 2,5 | A | Obs.: | |
| 5 | Circuito 5 | 3 | 1 | | | 6 | | | | 700 | 861,11 | 100% | 0,8 ^a | 3,91 | 1 | 10A | 2,5 | A | Obs.: | |
| 6 | Circuito 6 | 1 | 3 | | | 2 | 2 | 4 | | 3340 | 4155,56 | 100% | 0,8 ^a | 18,89 | 1 | 25A | 4 | A | Obs.: | |
| 7 | Circuito 7 | | | | | | | 1 | | 4500 | 4500,00 | 100% | 1 | 11,81 | 2 | 15A | 2,5 | CA | Obs.: | |
| 8 | Circuito 8 | | | | | | | 1 | | 4500 | 4500,00 | 100% | 1 | 11,81 | 2 | 15A | 2,5 | BC | Obs.: | |
| 9 | Circuito 9 | | | | | | | 1 | | 1878 | 2345,00 | 100% | 0,8 ^a | 10,85 | 1 | 15A | 2,5 | C | Obs.: | |
| 10 | — | 2 | 1 | | | 8 | | | | 2780 | 3463,88 | | 0,8 ^a | 15,74 | 1 | 20A | 2,5 | B | — | |
| Totál | | 6 | 8 | 6 | | 20 | 13 | 4 | 2 | 1 | 20016 | 23855,8 | 70% | 85,42 | | | | | | |
| Aliment. | Ca=10m DT=2% | | | | | | | | 2 | 1 | 21888,4 | 24483,5 | 70% | 0,89 | 26,0 | 3 | 30A | 8 | ABC | — |
| Carga Demandada: 70% (14011,2 W) (15816,9 VA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga nas Fases: A=35,34A B=36,40A C=37,10A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 59. Quadro de Cargas.

3.13 DIAGRAMAS, LISTAS E LEGENDA

1º) Clique em ‘Gerar Quadros >’ Diagrama Unifilar’. Na janela mostrada na Figura 60, habilite todas as opções e clique em ‘Ok’. Na janela seguinte, clique em ‘Ok’.

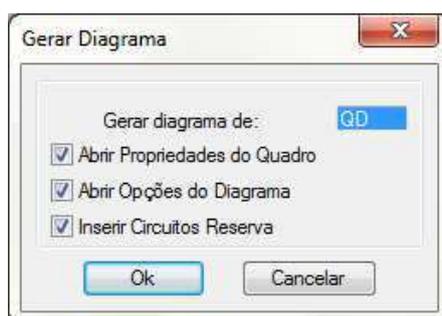


Figura 60. Geração de diagrama unifilar para um QD.

2º) Na janela mostrada na Figura 61, é possível modificar as opções do Diagrama Unifilar. Clique em ‘Ok’ e aguarde.

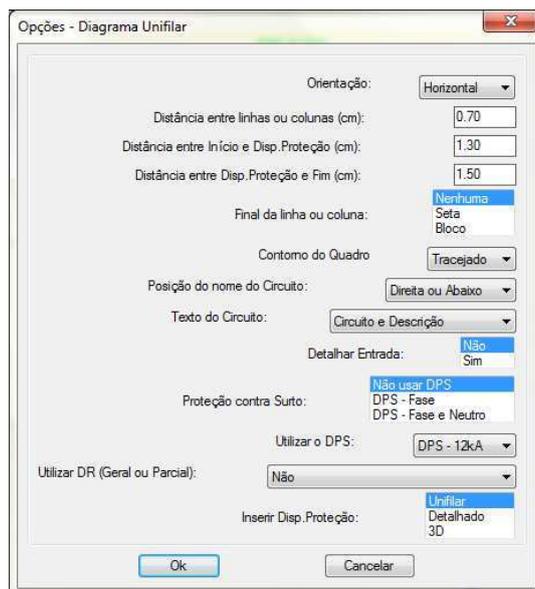


Figura 61. Escolha dos parâmetros do diagrama unifilar.

3º) Escolha um local na tela do projeto e adicione o diagrama com um clique. Pronto!
 Você pode visualizar um exemplo de Diagrama Unifilar na Figura 62.

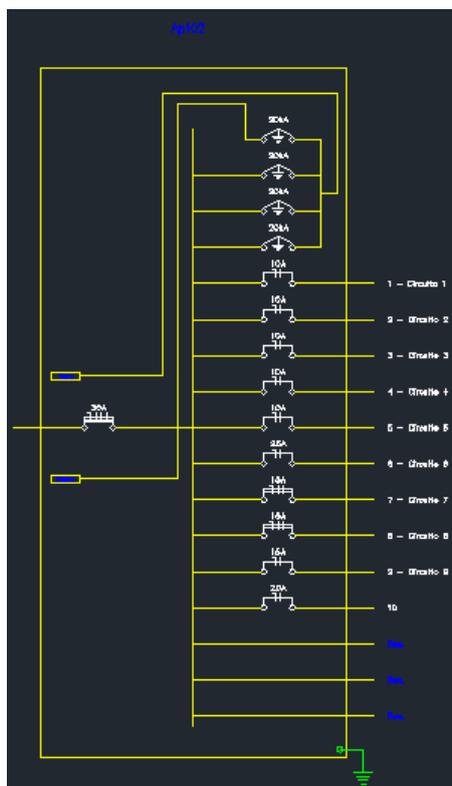


Figura 62. Exemplo de um Diagrama Unifilar.

Além do Diagrama Unifilar, é possível criar os Diagramas Bifilares e Trifilares. No ícone ‘Gerar Quadros’, há opções para remodelar os quadros já inseridos e inserir quadros em 3D. Os passos são os mesmos mostrados acima.

4º) Clique ‘Gerar Quadros’>’Legenda’ para inserir a legenda dos símbolos utilizados no projeto. Esse procedimento é bastante útil para facilitar a leitura do projeto quando este estiver finalizado.

5º) Para inserir a lista de materiais, clique em ‘Lista’ e na janela mostrada na Figura 63, escolha os itens que estarão na lista e o formato de arquivo para salvá-la ou inserí-la no próprio desenho. Além da lista de materiais, pode ser elaborado um orçamento sintético.

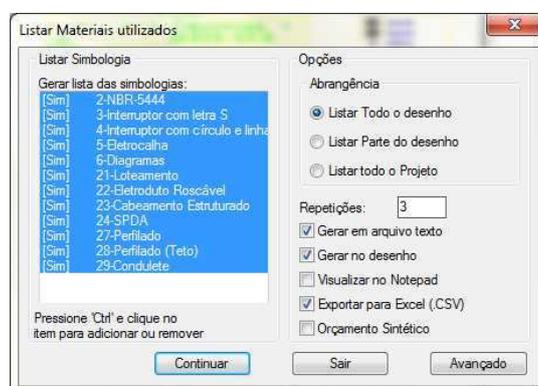


Figura 63. Ferramenta de geração de lista de materiais e orçamento sintético.

6º) Clique em ‘Continuar’, escolha um local no desenho e dê um clique.

3.14 PADRÃO DE ENTRADA

O PRÓ-Elétrica possui uma biblioteca de padrões de entradas de diversas concessionárias de distribuição. Se desejar inserir no projeto uma representação do padrão de entrada, basta clicar em ‘Arquitetura’>’Biblioteca’ e na janela que aparece, selecionar o padrão de entrada de acordo com a concessionária de sua preferência.

3.15 ESPELHO DE PROJETO

O projeto de apartamentos tipo pode ser reutilizado para apartamentos simétricos em uma edificação. O recurso de ‘espelhar’ o projeto aumenta a rapidez de execução e facilita a sua elaboração.

1º) Clique em ‘*Utilitários*’>’Congelar/Descongelar Layers’. Na janela mostrada na Figura 64, clique em ‘Congelar demais Layers’. Todos os aspectos construtivos, que não sejam os gerados pelo PRÓ-Elétrica, serão temporariamente apagados.

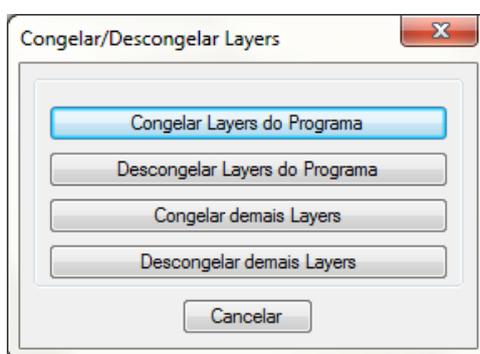


Figura 64. Ferramenta de Congelar/Descongelar Layers.

2º) Clique em ‘*Utilitários*’>’Espelhar’ e selecione toda a instalação que será espelhada. Aperte ‘enter’. Agora, trace uma linha transversal (na posição de uma vista lateral de um espelho). Aperte ‘enter’ e nas janelas seguintes habilite todas as opções e clique em ‘Ok’.

3º) Ao fim do espelhamento automático, repita o passo 1, agora, descongelando todos os layers que foram congelados (protegidos).

3º) Clique em ‘*Utilitários*’>’Mover com auto ajuste’ para selecionar os objetos que foram reposicionados com alguma imprecisão após o espelhamento.

4º) Altere as propriedades do(s) quadro(s) de distribuição para diferenciar do(s) anterior(es). Refaça todos os diagramas, quadros e listas que achar necessário para o novo apartamento tipo.

5º) Você deverá encontrar um resultado como mostrado na Figura 65.

3.16 DIMENSIONAMENTO DO SPDA

1º) Clique em ‘*Dimensionamento*’ > ‘Dimensionar SPDA (Para-raios)’. A janela mostrada na Figura 66 se abrirá.

2º) Clique na região do mapa que corresponde à localização da edificação. O mapa será aproximado para essa região como mostrado na Figura 67.

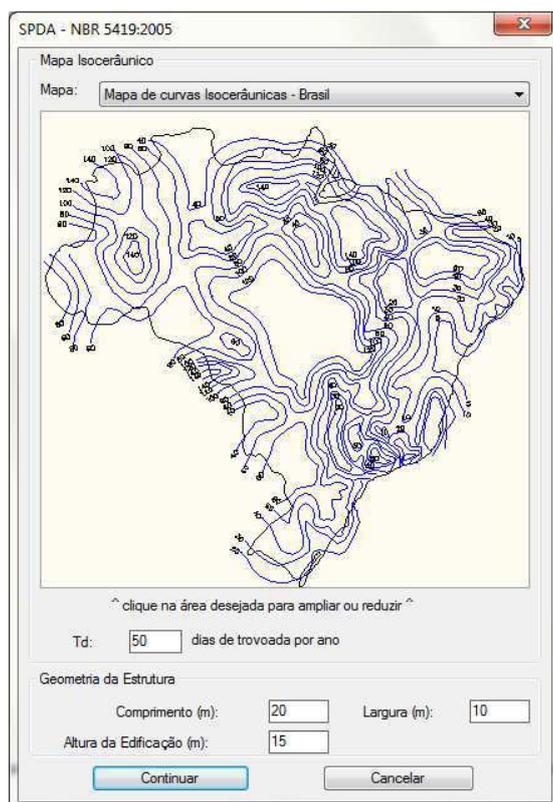


Figura 66. Janela para o dimensionamento do SPDA.

3º) Faça a leitura do mapa e identifique o valor de ‘Td’.

4º) Informe os valores da estrutura da edificação: comprimento, largura e altura. Clique em ‘Continuar’.

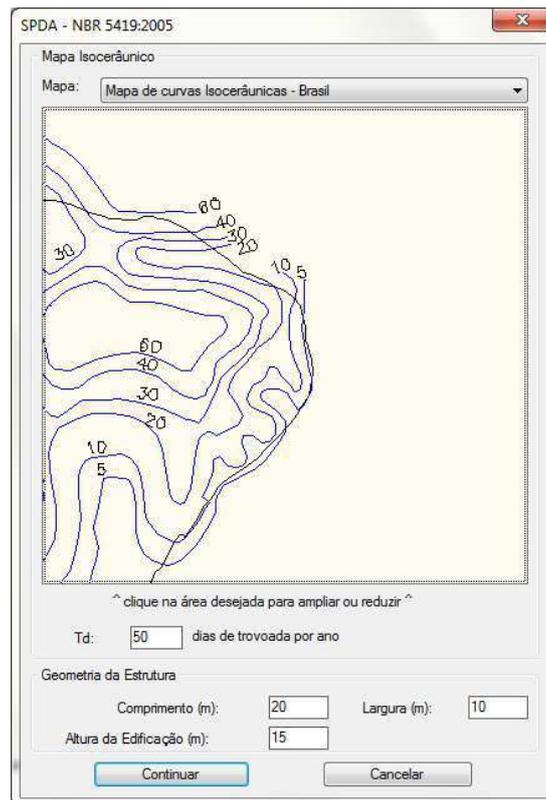


Figura 67. Mapa isocerânico por região.

5º) Na janela mostrada na Figura 68, faça a escolha, identificando com um clique, de cada um dos ‘fatores de ponderação’ a serem considerados no cálculo do risco de descargas atmosféricas. Clique em ‘Continuar’.

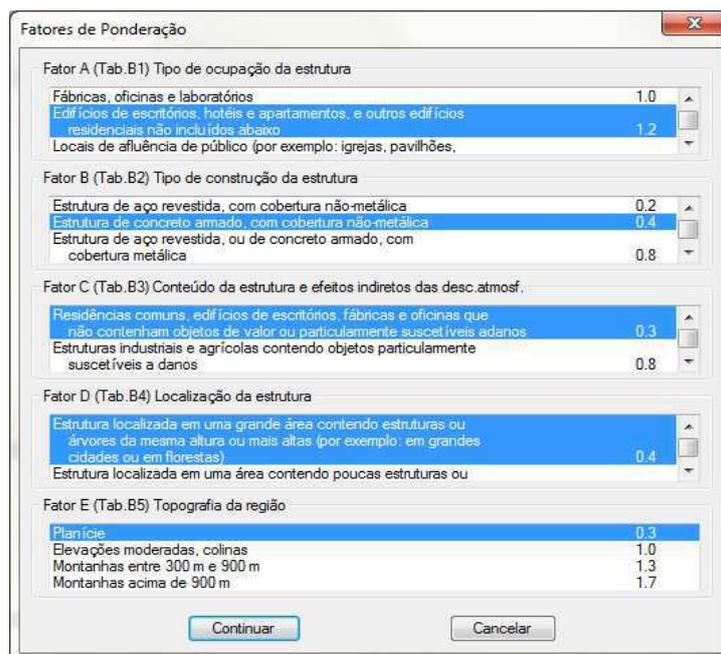


Figura 68. Fatores de ponderação para avaliação do risco da edificação.

6º) Na janela mostrada na Figura 69, verifique o resultado do cálculo do risco da edificação. Veja que no exemplo utilizado, a conveniência de um SPDA deve ser tecnicamente justificada. Clique em ‘Continuar’.

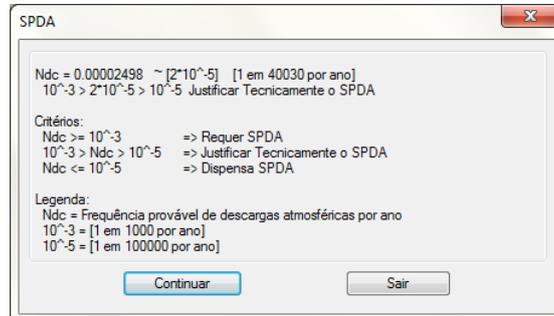


Figura 69. Resultado do cálculo do risco da edificação.

7º) Na janela mostrada na Figura 70, faça a escolha da ‘classificação da estrutura’ e o seu ‘tipo’; A partir das ‘tabelas’ disponibilizadas em diferentes formatos de documento, defina o ‘nível de proteção da estrutura’. Defina o ‘método’ para dimensionar o SPDA. Defina a ‘eficiência do SPDA’. Clique em ‘Continuar’.

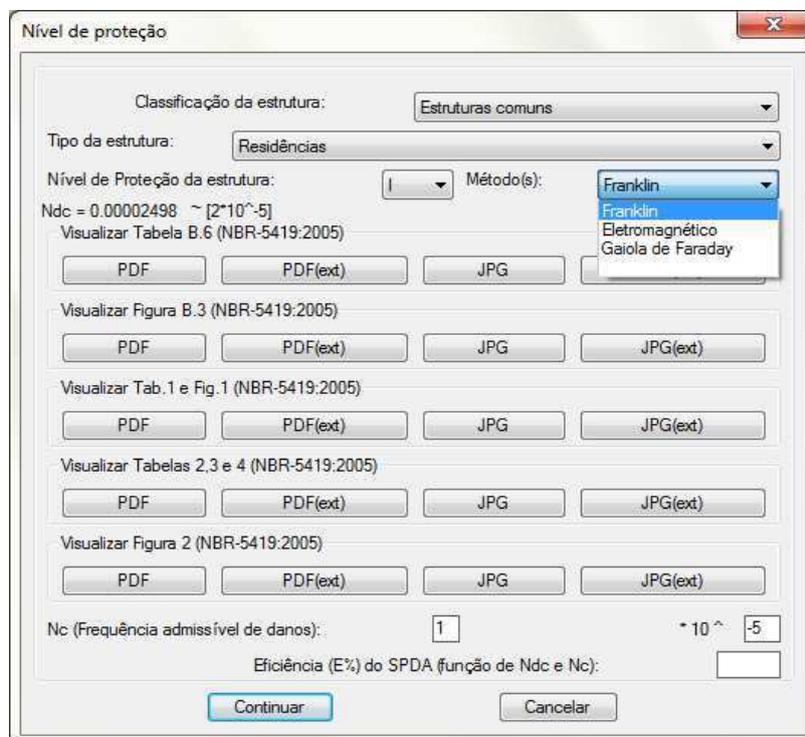


Figura 70. Escolha do nível de proteção da estrutura e método de dimensionamento do SPDA.

8º) A janela mostrada na Figura 71 se abrirá com o resultado do número de descidas necessário para a edificação. Verifique se está dentro dos padrões e clique em ‘Continuar’.

Número de Descidas

Área da Edificação (m2) [A]: 500

Perímetro da Edificação (m) [P]: 90

Altura da Edificação (m) [h]: 12

Número de Descidas

N = Perímetro / 20m [N = 5] para Nível de Proteção: III
N = (Área + 100) / 300 [N = 2]
N = Altura / 20 [N = 1]
N = (Perímetro + 10) / 60 [N = 2]
N >= 2 (para descidas não naturais)
Sem Redução de descidas. (P / N) >= 20m

Número de descidas [N]: 5

Continuar Cancelar

Figura 71. Número de descidas.

9º) Na janela mostrada na Figura 72, indique os parâmetros do aterramento. É possível verificar a ‘resistividade do solo’ para diferentes tipos clicando em ‘Tabela’, como mostrado na Figura 73. Clique em ‘Continuar’.

Comprimento Haste/Cond.Horizontal/Chapa

Haste Vertical ou Inclinada
Condutor enterrado horizontalmente
Chapa metálica

Resistência de Aterramento (Ohms): 10

Resistividade do Solo (Ohms.m) 100 Tabela

Comprimento/Perímetro Cálculado (m): 10

Comprimento/Perímetro Mínimo (m): 5

Comprimento/Perímetro Utilizado (m): 10

Continuar Cancelar

Figura 72. Parâmetros do aterramento.

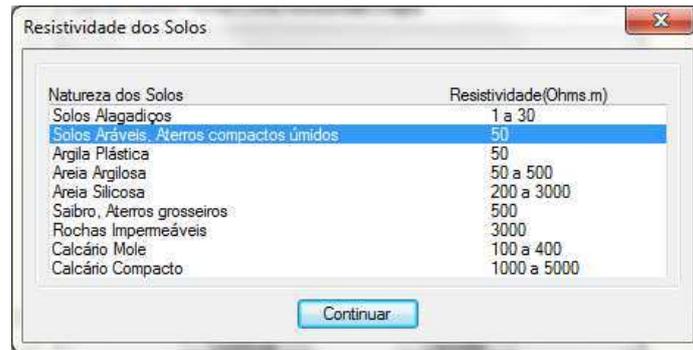


Figura 73. Resistividade dos solos.

10º) A janela mostrada na Figura 74 se abrirá. Escolha a pasta de destino e salve o relatório com o dimensionamento do SPDA.

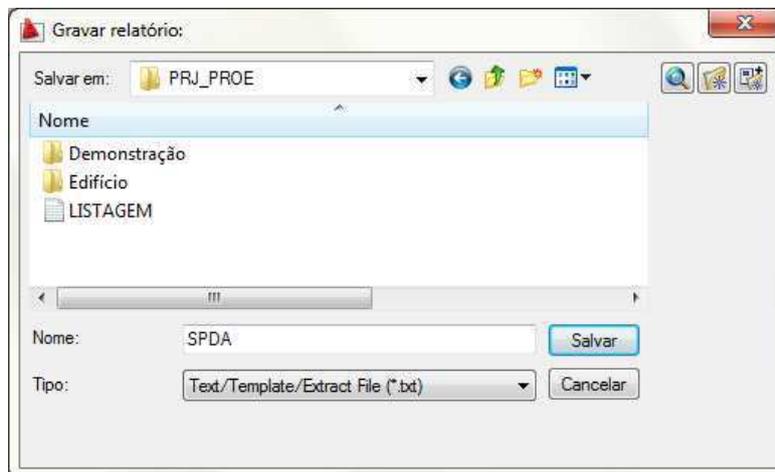


Figura 74. Salvar relatório de dimensionamento do SPDA.

O dimensionamento do SPDA está pronto no momento em que o relatório é salvo. Para inserir no desenho os pontos de instalação do sistema, siga os próximos passos.

1º) Clique em '*Inserir Simbologia*'. Escolha a '*simbologia*' do SPDA e insira os pontos de conexão da malha de Faraday, ou siga os direcionamentos de instalação de sua preferência desde que obedeça aos padrões exigidos em norma. Basta para isso, aproveitar a ferramenta '*Inserir Simbologia*' como apresentada na Figura 75.

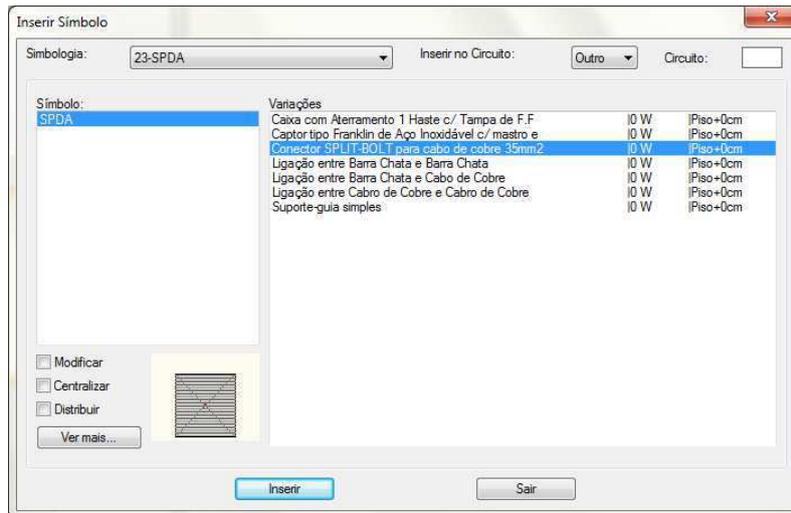


Figura 75. Simbologia para o SPDA.

2º) A inserção dos conectores da malha requer agora a inserção dos cabos guarda. Clique em 'Inserir Tubulação' e escolha a 'simbologia' SPDA, como mostrado na Figura 76. Escolha os parâmetros e o 'tipo de linha' e clique em 'Inserir'. Clique nos pontos que quer interligar. O resultado deve ser semelhante ao mostrado na Figura 77, com os cabos representados por linhas tracejadas.

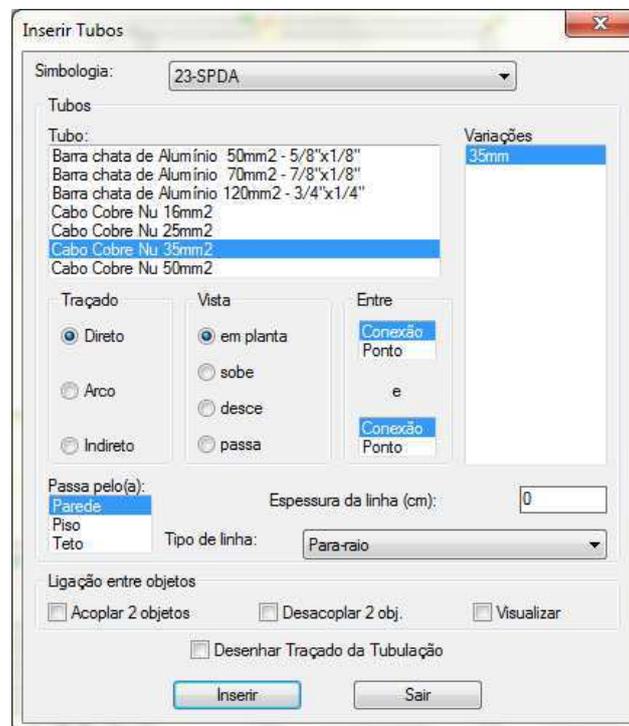


Figura 76. Inserção dos cabos guarda.

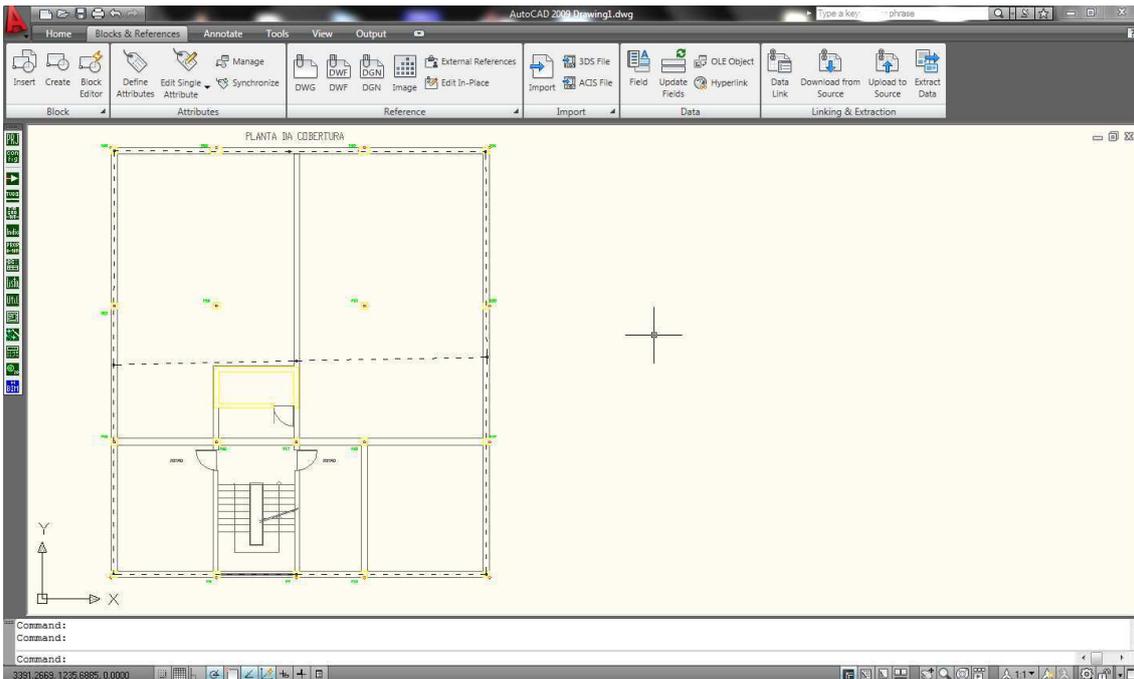


Figura 77. Resultado da inserção dos cabos guarda mostrado como linhas tracejadas no desenho.

3º) Para inserir os condutores de descida, clique em '*Inserir Tubulação*'. Escolha a 'simbologia do SPDA'. Selecione em 'Vista' a opção 'desce', como mostrado na Figura 78.

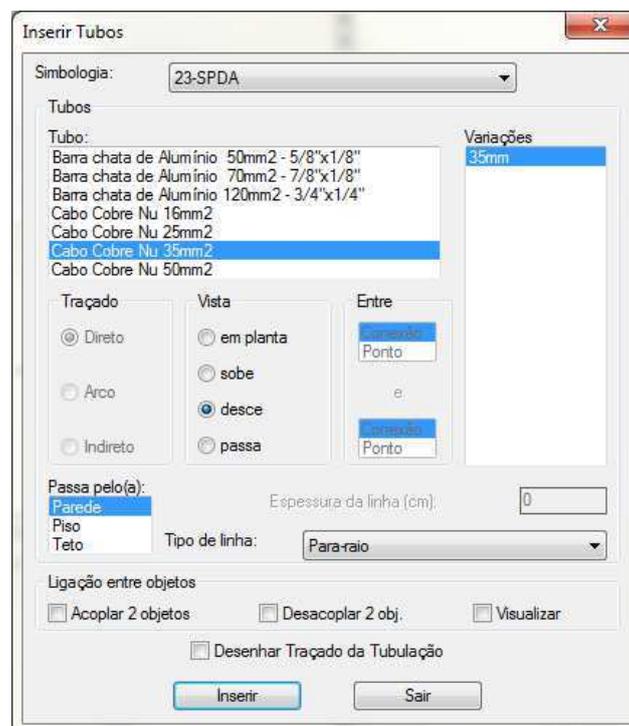


Figura 78. Inserção dos condutores de descida.

4º) Clique em 'Inserir'. A janela mostrada na Figura 79 se abrirá. Informe o tamanho do condutor de descida que é igual à altura da edificação. Clique em 'Ok'.

5º) Preste atenção no momento da inserção. Clique no ponto escolhido e arraste o mouse na diagonal onde uma seta deverá ser colocada para identificar o ponto de descida.

6º) Repita o procedimento para cada um dos pontos.

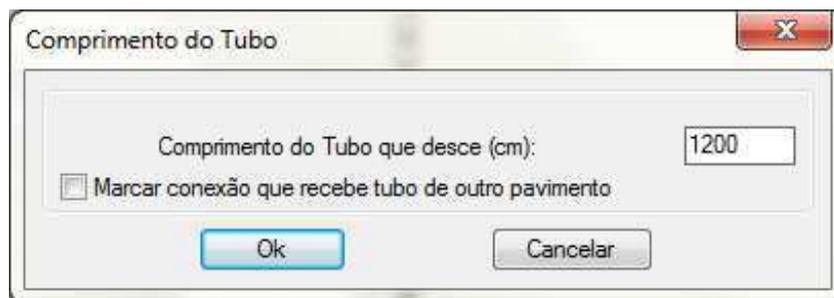


Figura 79. Comprimento do condutor de descida.

Após o procedimento de inserção dos componentes do SPDA, você poderá fazer a inserção dos componentes do sistema de aterramento, bastando utilizar o projeto do Térreo. Ainda, você pode gerar uma lista de materiais específica para o SPDA e o aterramento clicando em 'Lista' e escolhendo o sistema de sua preferência.

O PRÓ-Elétrica possui uma biblioteca de blocos típicos de SPDA detalhados para serem inseridos no desenho. Basta clicar em 'Arquitetura' > 'Biblioteca' e acessar o menu de opções.