



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA  
(ILACVN)**

**ENGENHARIA FÍSICA**

**ADEQUAÇÃO E SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: UM  
ESTUDO APLICADO A ESCOLAS ITINERANTES DO CAMPO**

**FELIPE DOS SANTOS CAMARGO**

Foz do Iguaçu  
2025

## **ADEQUAÇÃO E SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: UM ESTUDO APLICADO A ESCOLAS ITINERANTES DO CAMPO**

**FELIPE DOS SANTOS CAMARGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Física.

Orientador: Prof. Dr. Maicon Coelho Evaldt

Foz do Iguaçu  
2025

FELIPE DOS SANTOS CAMARGO

**ELABORAÇÃO DE UM PROJETO ELÉTRICO: ESTUDO DE CASO PARA A ESCOLA  
ITINERANTE VAGNER LOPES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Física.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Maicon Coelho Evaldt  
UNILA

---

Prof. Dr. Rodne De Oliveira Lima  
UNILA

---

Prof. Dr. Rodrigo Delfim Guarizi  
UNILA

Foz do Iguaçu, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço ao Professor Maicon, pela orientação e pela forma com que guiou cada etapa deste trabalho. Sua paciência e disponibilidade foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto. Sou especialmente grato por ter me apresentado novos pontos de vista, tanto técnicos quanto humanos, que ampliaram minha forma de pensar e transformaram a maneira como compreendo a engenharia e seu papel social.

Agradeço profundamente aos meus pais, que tornaram este sonho possível. Todo esforço, sacrifício e carinho que dedicaram à minha formação me permitiram chegar até aqui. Sou imensamente grato por acreditarem em mim, mesmo quando o caminho parecia mais difícil, e por me ensinarem, com o exemplo, o valor da educação e da perseverança.

Estendo meu agradecimento à UNILA, que me proporcionou a oportunidade de cursar Engenharia Física, ampliando meu horizonte acadêmico e pessoal. Sou igualmente grato ao projeto de extensão, que me possibilitou conhecer de perto a realidade da Escola Itinerante Vagner Lopes e compreender a importância social do trabalho que desenvolvi. Essa vivência transformou não apenas meu olhar técnico, mas também minha compreensão do papel da universidade pública na vida das pessoas.

Por fim, agradeço a todos os membros da banca examinadora, pelas contribuições, sugestões e pela leitura atenta deste trabalho. A participação de cada um foi essencial para o aprimoramento deste TCC e para meu crescimento acadêmico e profissional.

*Dedico este trabalho, de todo o meu coração, aos meus pais, Eliseu Lourenço de Camargo e Raquel dos Santos Camargo, que sempre fizeram o possível e muitas vezes o impossível, para que eu tivesse condições de estudar. Em inúmeros momentos, renunciaram ao próprio conforto para garantir o meu, gesto que carrega o mais profundo significado de amor e cuidado.*

## RESUMO

Este trabalho aborda a adequação e a segurança em instalações elétricas de escolas itinerantes do campo, tomando como estudo aplicado a Escola Itinerante Vagner Lopes, localizada em Quedas do Iguaçu. Desenvolve-se um projeto de readequação conforme as normas brasileiras, articulando critérios técnicos às necessidades concretas da comunidade escolar. Foi realizado um diagnóstico em campo para identificar o uso dos espaços, as dificuldades relatadas por professores e funcionários e as limitações da infraestrutura existente, marcada por improvisos, ausência de dispositivos de proteção e incapacidade de suportar cargas com alta demanda de energia. A partir desse diagnóstico, foram levantadas as cargas instaladas e futuras, estimada a demanda total utilizando fatores normativos e definido o tipo de fornecimento adequado. Em seguida, foram dimensionados circuitos, condutores e disjuntores, aplicados fatores de agrupamento e verificadas as quedas de tensão, com seleção de DR e DPS para aumentar a segurança dos usuários. A instalação foi organizada em dois blocos, com elaboração dos quadros de carga e desenvolvimento da planta elétrica completa, adequando a distribuição de tomadas e iluminação conforme o uso real dos ambientes. Foi apresentada também uma estimativa de custos, permitindo avaliar a viabilidade de implementação do projeto. Os resultados mostram que a instalação atual não atende às exigências básicas de segurança e desempenho, enquanto a proposta elaborada oferece uma solução tecnicamente adequada, mais estável e mais segura, capaz de permitir o uso pleno de equipamentos pedagógicos e melhorar as condições de estudo, convivência e permanência na escola. O estudo indica que intervenções elétricas planejadas em escolas itinerantes do campo podem contribuir diretamente para a qualidade do ensino e reforça a importância de projetos normativos em contextos educacionais rurais.

**Palavras-chave:** instalações elétricas; escolas itinerantes; NBR 5410; segurança elétrica; projeto elétrico.

## RESUMEN

Este trabajo aborda la adecuación y la seguridad en instalaciones eléctricas de escuelas itinerantes del campo, tomando como estudio aplicado la Escuela Itinerante Vagner Lopes, ubicada en Quedas do Iguaçu (PR). Se desarrolla un proyecto de readaptación en conformidad con las normas técnicas brasileñas, articulando criterios de ingeniería con las necesidades concretas de la comunidad escolar. Se realizó un diagnóstico in situ para identificar el uso de los espacios, las dificultades relatadas por docentes y trabajadores y las limitaciones de la infraestructura existente, marcada por improvisaciones, ausencia de dispositivos de protección e incapacidad para soportar cargas con elevada demanda de energía. A partir de este diagnóstico, se levantaron las cargas instaladas y futuras, se estimó la demanda total utilizando factores normativos y se definió el tipo de suministro adecuado. Posteriormente, se dimensionaron circuitos, conductores y disyuntores, se aplicaron factores de agrupamiento y se verificaron las caídas de tensión, con la selección de dispositivos diferenciales residuales y de protección contra sobretensiones para aumentar la seguridad de los usuarios. La instalación se organizó en dos bloques, con la elaboración de cuadros de carga y el desarrollo de la planta eléctrica completa, adecuando la distribución de tomas de corriente e iluminación al uso real de los ambientes. Asimismo, se presentó una estimación de costos, que permitió evaluar la viabilidad de implementación del proyecto. Los resultados muestran que la instalación actual no cumple los requisitos básicos de seguridad y desempeño, mientras que la propuesta elaborada ofrece una solución técnicamente adecuada, más estable y más segura, capaz de permitir el uso pleno de los equipos pedagógicos y mejorar las condiciones de estudio, convivencia y permanencia en la escuela. El estudio indica que intervenciones eléctricas planificadas en escuelas itinerantes del campo pueden contribuir directamente a la calidad de la enseñanza y refuerza la importancia de proyectos basados en normas técnicas en contextos educativos rurales.

**Palabras clave:** instalaciones eléctricas; escuelas itinerantes; NBR 5410; seguridad eléctrica; proyecto eléctrico.

## ABSTRACT

This work addresses the adequacy and safety of electrical installations in itinerant rural schools, taking the Vagner Lopes Itinerant School, located in Quedas do Iguaçu (PR), as an applied study. A retrofit project is developed in compliance with Brazilian technical standards, articulating engineering criteria with the concrete needs of the school community. A field diagnosis was carried out to identify the use of spaces, the difficulties reported by teachers and staff, and the limitations of the existing infrastructure, which is characterized by makeshift solutions, absence of protective devices, and an inability to withstand loads with high power demand. Based on this diagnosis, the existing and future loads were surveyed, the total demand was estimated using normative factors, and the appropriate type of supply was defined. Subsequently, circuits, conductors, and circuit breakers were sized, grouping factors were applied, and voltage drops were verified, with the selection of residual current devices and surge protective devices to increase user safety. The installation was organized into two blocks, with the preparation of load schedules and the development of a complete electrical layout, adapting the distribution of power outlets and lighting to the actual use of the spaces. A cost estimate was also presented, allowing the feasibility of implementing the project to be evaluated. The results show that the current installation does not meet basic safety and performance requirements, whereas the proposed design offers a technically adequate, more stable, and safer solution, capable of enabling full use of pedagogical equipment and improving conditions for studying, social interaction, and permanence at the school. The study indicates that planned electrical interventions in itinerant rural schools can directly contribute to the quality of teaching and reinforces the importance of projects based on technical standards in rural educational contexts.

**Keywords:** electrical installations; itinerant schools; NBR 5410; electrical safety; electrical design.

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

<b>Figura 1</b> – Fluxograma das etapas metodológicas do estudo.....	36
<b>Figura 2</b> – Escola Itinerante Vagner Lopes, Bloco 1.....	41
<b>Figura 3</b> – Escola Itinerante Vagner Lopes, Bloco 2.....	42
<b>Figura 4</b> – Esquema geral da instalação elétrica existente.....	48
<b>Figura 5</b> – Fiação exposta em ambientes educacionais.....	49
<b>Figura 6</b> – Fiação sem identificação.....	50
<b>Figura 7</b> – Sala de aula com baixa luminosidade.....	51

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Levantamento de cargas instaladas e demandas previstas.....	53
<b>Tabela 2</b> – Quadro de carga do Bloco 1.....	56
<b>Tabela 3</b> - Quadro de carga do Bloco 2.....	57
<b>Tabela 4</b> – Dimensionamento dos condutores e disjuntores Bloco 1.....	58
<b>Tabela 5</b> – Dimensionamento dos condutores e disjuntores Bloco 2.....	59
<b>Tabela 6</b> - Corrente Máxima por fase.....	61
<b>Tabela 7</b> - Dimensionamento Disjuntor Geral Bloco 1 e 2.....	61
<b>Tabela 8</b> - Previsão de Custo Bloco 1.....	64
<b>Tabela 9</b> - Previsão de Custo Bloco 2.....	65

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	13
1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA ITINERANTE DE ESTUDO DE CASO .....	13
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.4 OBJETIVO GERAL.....	14
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.6 JUSTIFICATIVA TÉCNICA E SOCIAL.....	15
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
2.1 EDUCAÇÃO DO CAMPO, DIREITO À EDUCAÇÃO.....	17
2.1.1 Escolas Itinerantes .....	17
2.1.2 Energia elétrica e a permanência estudantil.....	18
2.2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO.....	19
2.2.1 Fundamentos de eletricidade aplicado a instalações prediais.....	20
2.2.2 Cálculo da queda de tensão em condutores.....	21
2.2.3 Corrente corrigida dos condutores.....	23
2.2.4 Critério para escolha dos disjuntores de proteção.....	24
2.2.5 Componentes básicos de uma instalação elétrica.....	24
2.2.6 Particularidade de instalações provisórias .....	25
2.3 SEGURANÇA ELÉTRICA E RISCOS EM AMBIENTES ESCOLARES.....	26
2.3.1 Choque elétrico, contato direto e indireto em espaços educacionais.....	27
2.3.2 Sobrecorrentes, curto-circuitos, aquecimento de condutores e risco de incêndio.....	27
2.4 NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS A EDIFICAÇÕES.....	28
2.4.1 ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.....	28
2.4.2 Normas e manuais de concessionária de energia elétrica .....	29
2.5 CRITÉRIOS DE PROJETO ELÉTRICO PARA AMBIENTES EDUCACIONAIS.....	30

2.5.1 Dimensionamento de circuitos de iluminação em salas de aula e áreas comuns.....	30
2.5.2 Dimensionamento de circuitos de tomadas TUG e TUE .....	31
2.5.3 Fator de demanda circuitos elétricos .....	31
2.5.4 Requisitos elétricos para ambientes especiais.....	32
2.6 EXPERIÊNCIAS DE DIAGNÓSTICO E ADEQUAÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ESCOLAS PÚBLICAS URBANAS E RURAIS.....	33
2.6.1 Projeto de melhoria em escolas do campos e escolas itinerantes: lições aprendidas e lacunas da literatura.....	34
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
3.1 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA.....	35
3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	37
3.2.1 Diagnóstico social e de uso do espaço.....	37
3.2.2 Papel da escola na comunidade.....	38
3.3 DIAGNÓSTICO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES.....	39
3.3.1 Levantamento de cargas existentes e fator de demanda.....	39
3.3.2 Entrada de energia e definição do padrão de fornecimento .....	40
3.4 SETORIZAÇÃO DA ESCOLA ITINERANTE.....	41
3.4.1 Cálculo do quadro de carga bloco 1 e bloco 2.....	42
3.4.2 Quadro de carga e disjuntor de proteção .....	42
3.4.3 Considerações dos disjuntor de proteção .....	44
3.4.4 Critérios de uso dos dispositivos DR e DPS.....	44
3.5 ESTIMATIVA DE CUSTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO.....	45
3.6 DEVOLUTIVA E VALIDAÇÃO COM A ESCOLA E A COMUNIDADE.....	46
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>

4.1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA.....	47
4.2 RESULTADO DO LEVANTAMENTO DE CARGA E APLICAÇÃO DOS FATORES ELÉTRICOS.....	51
4.2.1 Definição do padrão de entrada.....	54
4.2.2 Quadro de carga bloco 1 e bloco 2.....	55
4.2.3 Quadro de carga e disjuntor de proteção.....	58
4.2.4 Disjuntor geral de proteção.....	60
4.2.5 Escolha dos disjuntores DR e DPS.....	62
4.3 DESENHO TÉCNICO DA PLANTA ELÉTRICA.....	62
4.4 ESTIMATIVA DE CUSTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO.....	63
4.5 ORIENTAÇÕES PARA SUSTENTAÇÃO E EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES.....	66
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
5.1 PRINCIPAIS RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES.....	68
5.3 PERSPECTIVA DE CONTINUIDADE E TRABALHOS FUTUROS.....	69
<b>APÊNDICE A - PLANTA ELÉTRICA ESCOLA ITINERANTE VAGNER LOPES.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO A – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE NBR 5410.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO B – TABELA DIMENSIONAMENTO PADRÃO DE ENTRADA COPEL.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO C – FATOR DE DEMANDA HÉLIO CREDER.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO D – FATOR DE DEMANDA EDP.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO E – POTÊNCIA MÉDIA EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS, CEMIG.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO F – REATÂNCIA E INDUTÂNCIA FIO ELÉTRICO.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO G – FATOR DE CORREÇÃO.....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A educação do campo no Brasil está inserida em um contexto de desigualdades históricas, em que muitas comunidades rurais ainda enfrentam dificuldades de acesso à escola, falta de políticas públicas contínuas e estruturas físicas precárias. As escolas que atendem populações camponesas, assentadas e acampadas muitas vezes funcionam em espaços improvisados, com limitações de recursos didáticos, de infraestrutura básica e de serviços essenciais, como água, saneamento e energia elétrica. Nesse cenário, a discussão sobre a qualidade das instalações, em especial das instalações elétricas, torna-se parte fundamental da garantia do direito à educação com segurança, conforto e dignidade para estudantes, professores e comunidade.

No estado do Paraná, o Movimento Sem Terra (MST) vem se organizando desde a década 1981, em um contexto marcado pelo grande número de famílias sem terra, desempregadas e excluídas de seus direitos básicos. A construção da Barragem da Usina Hidrelétrica de Itaipu desalojou milhares de famílias que não conseguiram recuperar um pedaço de terra semelhante ao que possuíam e, com o tempo, muitos acabaram se tornando sem-terra. Também foram atingidas famílias que viviam em ilhas do Rio Paraná, cobertas pelas águas da barragem, muitas vezes sem qualquer indenização. Nesse cenário, o movimento começou a se organizar no Paraná, tendo como marco a primeira grande ocupação de terras na região Oeste, no município de Foz do Iguaçu (MST, 2008).

Ao longo dessa trajetória, foram assentadas milhares de famílias em diferentes regiões do estado, o que evidenciou a falta de escolas públicas próximas aos assentamentos. Em muitos casos, as crianças e adolescentes precisavam se deslocar até as cidades para estudar, o que ia contra a proposta de uma educação do e no campo defendida pelo MST e por outros movimentos do campo. Diante desse desafio, surgiram novas formas de organização da escola, entre elas as Escolas Itinerantes.

Nesse contexto, as escolas itinerantes, muitas vezes construídas com estruturas simples e sem projeto elétrico, apresentam ligações improvisadas, falta de proteção e limitações no uso de equipamentos. A reestruturação elétrica busca justamente aproximar essa realidade dos critérios das normas técnicas, garantindo condições mais seguras e adequadas para o ensino.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As Escolas Itinerantes foram criadas pelo MST como uma forma de garantir o direito à educação para crianças e adolescentes que vivem em acampamentos e assentamentos. No Paraná, as primeiras escolas itinerantes surgiram nos anos 2000, em um contexto de intensas ocupações de terra e de fortalecimento da luta pela Reforma Agrária.

Essas escolas acompanham a dinâmica do acampamento, adaptando-se ao território e às condições materiais existentes. Ao mesmo tempo, lidam com diversas dificuldades estruturais, como prédios improvisados, falta de recursos materiais e, muitas vezes, instalações elétricas precárias sem mão de obra qualificada. Ainda assim, cumprem um papel importante na organização da comunidade e na garantia do acesso à educação no campo.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA ITINERANTE DE ESTUDO DE CASO

A Escola Itinerante Vagner Lopes é o objeto de estudo deste trabalho. Ela está localizada no município de Quedas do Iguaçu, na região Oeste do Paraná, e atende cerca de 200 pessoas, entre estudantes, professores e moradores do assentamento. A escola surgiu em um contexto de acampamento do MST que, com o tempo, se transformou em assentamento.

Trata-se de um ambiente coletivo importante para o acesso à educação e para a organização da vida comunitária. No entanto, por estar inserida em um contexto de luta pela terra e de limitações materiais, a escola enfrenta desafios em sua infraestrutura, especialmente na área das instalações elétricas, que é o foco deste estudo.

## 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Embora a Escola Itinerante Vagner Lopes cumpra um papel fundamental na garantia do direito à educação das famílias assentadas, suas instalações elétricas apresentam vários problemas e não estão de acordo com as normas técnicas. Durante a visita técnica realizada, foi observado que a instalação elétrica não atende aos requisitos mínimos de segurança estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras, em especial a

NBR 5410. Verificou-se a ausência de subdivisão adequada dos circuitos, condutores com sinais de desgaste e sem manutenção adequada, além de queda de tensão no disjuntor geral quando os equipamentos são acionados simultaneamente.

Também foram identificadas salas de aula quentes, com baixa circulação de ar, e níveis de iluminação insuficientes em alguns ambientes, o que compromete o conforto, a segurança e as condições adequadas de estudo para alunos, professores e demais usuários.

Com isso, fica evidente que o problema não se restringe apenas às deficiências da instalação elétrica existente, mas também à ausência de um projeto elétrico que contemple, de forma integrada, o dimensionamento e a proteção dos circuitos, bem como soluções adequadas de iluminação e ventilação para o uso escolar.

#### 1.4 OBJETIVO GERAL

Analisar as condições das instalações elétricas da Escola Itinerante Vagner Lopes conforme as normas vigentes e, a partir disso, propor adequações e melhorias que aumentem a segurança e eficiência elétrica, contribuindo para um ambiente escolar mais adequado ao processo de ensino e aprendizagem.

#### 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Descrever o contexto da Escola Itinerante Vagner Lopes e sua importância para a comunidade do assentamento;
- Levantar a situação atual das instalações elétricas da escola, identificando os principais pontos críticos;
- Verificar a conformidade das instalações elétricas com as normas técnicas vigentes (como a NBR 5410 e normas da concessionária de energia);

- Dimensionar e propor adequações no sistema elétrico da escola, buscando maior segurança e eficiência;
- Discutir de que forma as melhorias propostas podem contribuir para a qualidade do ambiente escolar e para o direito à educação no campo.

## 1.6 JUSTIFICATIVA TÉCNICA E SOCIAL

Analisar as condições das instalações elétricas da Escola Itinerante Vagner Lopes e propor melhorias que contribuam para um ambiente escolar mais seguro e adequado ao processo de ensino.

Do ponto de vista técnico, o estudo mostra a importância da necessidade de avaliar e adequar as instalações elétricas de uma escola que atende diariamente crianças, adolescentes e adultos. Instalações mal dimensionadas ou fora das normas podem representar riscos de choques elétricos, curtos circuitos, incêndios e interrupções frequentes no fornecimento de energia, comprometendo o funcionamento da escola e a segurança da comunidade escolar.

Do ponto de vista social, a pesquisa é relevante porque trata de uma escola localizada em um assentamento do MST, em um contexto de luta pela terra e por direitos básicos. Garantir um ambiente escolar seguro e minimamente estruturado é uma forma de fortalecer o direito à educação no campo e de reconhecer a importância das Escolas Itinerantes para as famílias da comunidade. Assim, o trabalho busca contribuir não apenas com uma solução técnica, mas também com a valorização da educação no campo e das condições de vida da comunidade.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Com o objetivo de orientar a leitura, destaca-se que, além desta introdução, na qual foram apresentados o contexto, o problema de pesquisa, os objetivos e a justificativa do estudo, o trabalho está estruturado em cinco capítulos, descritos a seguir:

Capítulo 2 – Apresenta a fundamentação teórica, abordando a educação do campo, as

Escolas Itinerantes e os princípios básicos de instalações elétricas em baixa tensão, com base nas normas técnicas vigentes.

Capítulo 3 – Descreve os procedimentos metodológicos adotados e o desenvolvimento do estudo de caso realizado na Escola Itinerante Vagner Lopes.

Capítulo 4 – Apresenta e discute os resultados do diagnóstico das instalações elétricas da escola, bem como a proposta de adequações.

Capítulo 5 – Reúne as considerações finais, destacando os principais resultados, as limitações do estudo e possíveis desdobramentos futuros.

No capítulo seguinte, apresenta-se a revisão teórica que fundamenta a pesquisa, com enfoque na educação do campo, nas Escolas Itinerantes e nas instalações elétricas em baixa tensão.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados os principais fundamentos sobre instalações elétricas de baixa tensão, seus critérios de segurança e desempenho, bem como as exigências normativas que orientam o dimensionamento, a proteção e a distribuição de cargas em edificações. A partir desse referencial, discute-se a importância dessas condições em contextos de escolas itinerantes, evidenciando como a adequação do sistema elétrico é determinante para garantir o direito à educação com segurança.

### 2.1 EDUCAÇÃO DO CAMPO, DIREITO À EDUCAÇÃO

Desde o início da luta pela terra, a preocupação com a escolarização das crianças e adolescentes acampados com suas famílias, ausentes das escolas oficiais, acompanhou de perto a trajetória do Movimento Sem Terra, marcada por dois grandes acampamentos, na região de Cascavel e Quedas do Iguaçu, onde havia aproximadamente 800 crianças e adolescentes sem escola. Diante deste cenário, o setor de educação do MST se viu obrigado e pressionado a buscar novas possibilidades de fazer escola, ou seja, uma forma de atender às necessidades dos acampados. A expectativa era ter uma escola que participasse da vida do acampamento, que respeitasse a sua realidade e que a tomasse como ponto de partida para as práticas pedagógicas (MST, 2008).

#### 2.1.1 Escolas Itinerantes

As primeiras escolas itinerantes foram criadas no Paraná, em 2003 e 2004, num contexto latente de ocupações, consequência também da expectativa em relação à consolidação de uma ampla Reforma Agrária, diante do governo atual (SAPELLI, 2015). Essa modalidade educativa nasceu da necessidade de garantir a escolarização das crianças e adolescentes que acompanhavam as suas famílias na luta pela terra, evitando que perdessem o ano letivo ou que fossem submetidos a situações de discriminação ao frequentar escolas urbanas distantes de sua realidade.

Nesse sentido, embora as Escolas Itinerantes representem uma proposta pedagógica alinhada ao direito à educação no campo e às reivindicações dos

trabalhadores rurais, sua efetivação cotidiana depende diretamente das condições materiais de infraestrutura, entre as quais se destaca o acesso e a qualidade da energia elétrica, tema discutido na subseção seguinte.

### 2.1.2 Energia elétrica e a permanência estudantil

A infraestrutura elétrica tem papel fundamental, impactando diretamente a qualidade do ensino e a permanência estudantil nas escolas do campo. A ausência ou a instabilidade do fornecimento de energia elétrica limita as atividades pedagógicas e administrativas.

Segundo Sapelli (2015), em escolas itinerantes situadas em assentamentos, a ausência de rede elétrica faz com que a iluminação de salas e espaços coletivos dependa de soluções improvisadas, como lâmpões ou geradores movidos a combustível, cujo custo e ruído impactam diretamente o cotidiano escolar e a organização das aulas em período diurno e noturno. Essas experiências evidenciam como a negação do acesso à energia elétrica se converte, na prática, em negação de condições básicas para o direito à educação no campo.

No caso da Escola Itinerante Valmir Motta de Oliveira, (Silveira, 2020) mostra como a precariedade da infraestrutura elétrica limita diretamente o uso de equipamentos pedagógicos. A rede de energia foi implantada pela própria comunidade, sem estudo adequado da demanda, o que provoca quedas frequentes de energia, sobretudo no período noturno. A escola não dispõe de computadores, e os profissionais precisam levar seus próprios equipamentos, enfrentando a falta de tomadas e as restrições impostas por uma instalação elétrica frágil. A autora também relata o funcionamento intermitente da TV escolar e do projetor de dados, além de pontos de fiação improvisada, com fios desencapados e ausência de lâmpadas em alguns ambientes. Essas condições evidenciam como, mesmo quando há iniciativa para introduzir tecnologias no cotidiano escolar, a falta de infraestrutura elétrica adequada impede o uso efetivo e contínuo dos equipamentos. Diante desse quadro, torna-se essencial compreender, do ponto de vista técnico, como as instalações elétricas de baixa tensão devem ser concebidas, dimensionadas e avaliadas à luz das normas vigentes, tema abordado na seção 2.2.

## 2.2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

As instalações elétricas constituem um dos sistemas mais críticos de qualquer edificação, pois são responsáveis pela distribuição segura e eficiente de energia até os pontos de utilização. Projetar as instalações de baixa tensão envolve o estudo de grandezas fundamentais da eletricidade, da organização dos circuitos, dos dispositivos de proteção e das normas técnicas que orientam a segurança e o desempenho desses sistemas. Conforme afirma Mamede Filho (2017), “um sistema elétrico bem planejado deve garantir segurança, continuidade e flexibilidade operativa para atender às necessidades da instalação”, evidenciando que a qualidade do projeto influencia diretamente na eficiência, na confiabilidade e na vida útil dos equipamentos conectados.

A NBR 5410, conforme discutido por Creder (2016), estabelece as condições necessárias para assegurar o funcionamento adequado das instalações elétricas de baixa tensão, abrangendo a proteção das pessoas, a preservação dos bens e a compatibilidade com o sistema de fornecimento. Entre seus requisitos, destacam-se o dimensionamento correto de condutores e dispositivos de proteção, a limitação da queda de tensão, a subdivisão racional dos circuitos e a adoção de medidas de proteção contra choques elétricos e efeitos térmicos.

Entretanto, a simples existência de normas e o conhecimento técnico não garante, por si só, instalações seguras. Diversos levantamentos apontam que muitos acidentes de origem elétrica estão associados a instalações improvisadas, antigas ou executadas sem observância das normas. Esse cenário reforça a importância de que os projetos de instalações em ambientes escolares sejam elaborados com base em critérios técnicos consistentes, o que será aprofundado nos tópicos seguintes, ao tratar especificamente de segurança elétrica e riscos em ambientes educacionais.

### 2.2.1 Fundamentos de eletricidade aplicado a instalações prediais

A compreensão dos fundamentos de eletricidade é essencial para o desenvolvimento de projetos de instalações elétricas, uma vez que parâmetros como tensão, corrente, resistência e potência orientam o dimensionamento de circuitos, condutores e dispositivos de proteção.

A tensão elétrica ou diferença de potencial (DDP) representa a energia necessária para mover uma certa quantidade de carga elétrica entre dois pontos de um circuito. Em sua essência, tensão é uma grandeza que quantifica o trabalho realizado por unidade de carga para promover esse deslocamento (Boylestad, 2012). Em sistemas de distribuição de baixa tensão, como os utilizados em edificações, essa grandeza é fornecida pela concessionária em níveis padronizados, como 127 V e 220 V, empregados em circuitos de iluminação, tomadas de uso geral e equipamentos específicos. A tensão é normalmente representada pela letra  $V$  e medida em volts (V).

A partir da existência dessa DDP, estabelece-se a corrente elétrica, que corresponde ao fluxo de cargas ao longo dos condutores quando a uma diferença de potencial. A relação entre tensão  $V$ , corrente  $I$  e resistência  $R$  é descrita pela Lei de Ohm, dada por

$$V = R * I \quad (1)$$

Essa relação é fundamental para a análise do comportamento dos circuitos e para o correto dimensionamento dos condutores em instalações prediais.

Em instalações prediais de baixa tensão, a forma como a corrente é distribuída aos condutores depende do tipo de alimentação adotado. Em circuitos monofásicos, a corrente é inteiramente conduzida por um único conjunto fase–neutro, enquanto em circuitos trifásicos a potência é dividida entre três fases, o que resulta em correntes menores em cada condutor para uma mesma potência instalada. Nos circuitos monofásicos, a corrente pode ser estimada a partir da potência do circuito pela expressão

$$I = \frac{P}{V * \cos\varphi} \quad (2)$$

em que  $P$  é a potência ativa do conjunto de cargas,  $V$  é a tensão de alimentação e  $\cos\varphi$  é o fator de potência. Já em sistemas trifásicos, a corrente é calculada por

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi} \quad (3)$$

No cálculo do projeto a potência já foi convertida em VA, assim a fórmula da corrente pode ser escrita sendo

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \quad (4)$$

Onde S é obtido pelo valor da potência ativa dividido pelo fator de potência.

A potência elétrica, por sua vez, está diretamente relacionada ao funcionamento dos equipamentos e à demanda da edificação. A potência elétrica representa a taxa com que a energia é convertida ou consumida por um equipamento ao longo do tempo. Ela indica o quanto um dispositivo utiliza de energia para realizar sua função (Boylestad, 2012). Em sistemas de corrente alternada, a potência ativa pode ser calculada, em circuitos monofásicos, por

$$P = V * I * \cos\varphi \quad (5)$$

e, em circuitos trifásicos, por

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\varphi \quad (6)$$

As expressões apresentadas serão utilizadas, ao longo deste trabalho, no cálculo das potências das cargas da escola e na definição das correntes de projeto, servindo de base para o dimensionamento dos circuitos e das proteções elétricas.

### 2.2.2 Cálculo da queda de tensão em condutores

O cálculo da queda de tensão em condutores é fundamental para o dimensionamento de circuitos, uma vez que valores excessivos podem comprometer o sistema elétrico. A queda de tensão pode ser calculada levando em conta a resistência, reatância dos cabos, a corrente transportada, o comprimento do circuito e o fator de potência da carga.

Para circuitos em corrente contínua, a queda de tensão é dada por

$$\Delta V = 2 * R * I * L \quad (7)$$

Para circuitos em corrente alternada monofásicos ou bifásicos, utiliza-se

$$\Delta V = 2 * I * L * ( R * \cos\varphi + X_L * \sin\varphi ) \quad (8)$$

Para obter o valor de  $\sin\varphi$ , temos a equivalência sendo

$$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos\varphi} \quad (9)$$

Já para circuitos trifásicos, a expressão torna-se

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * L * ( R * \cos\varphi + X_L * \sin\varphi ) \quad (10)$$

Combinando a equação (9), com a equação (8), temos

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * L * ( R * \cos\varphi + X_L * \sqrt{1 - \cos\varphi} ) \quad (11)$$

Em que  $\Delta V$  é a queda de tensão em volts (V), R é a resistência elétrica do condutor em corrente alternada, na temperatura máxima de operação, em  $\Omega/\text{km}$ ,  $X_L$  é a reatância indutiva da linha, em  $\Omega/\text{km}$ , I é a corrente transportada pelo circuito (A), L é o comprimento do circuito, do ponto de alimentação até a carga, em quilômetros (km), e  $\cos\varphi$  é o fator de potência da carga.

A queda de tensão em percentual é obtida por

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} * 100 \quad (12)$$

Os valores de resistência R e reatância indutiva  $X_L$  adotados neste trabalho foram selecionados de acordo com a tipologia real da instalação, considerando três condutores de cobre carregados em eletroduto de PVC, conforme métodos de instalação previstos pela NBR 5410. Esses parâmetros foram obtidos no Guia de Dimensionamento em Baixa Tensão, elaborado em consonância com a norma, que apresenta tabelas de resistência e reatância por quilômetro para diferentes seções de condutores, as tabelas utilizadas encontram-se no Anexo F. Nas expressões de queda de tensão, o termo  $\cos\varphi$  corresponde diretamente ao fator de potência (FP) da carga.

Para os circuitos de iluminação o cálculo adotado do fator de potência foi de lâmpadas LED, esse fator de potência igual a 0,92, em conformidade com o valor mínimo recomendado em normas e resoluções regulatórias de qualidade de energia, que

estabelecem a ANEEL (ENEL GRIDS BRASIL, 2025). Já para os circuitos de tomadas de uso geral (TUG), utilizou-se fator de potência igual a 0,8, valor amplamente empregado em projetos residenciais e recomendado em manuais de dimensionamento de instalações elétricas e de fabricantes de cabos. Esses parâmetros foram incorporados às fórmulas de queda de tensão de forma a representar de maneira mais fiel o comportamento elétrico dos circuitos projetados.

### 2.2.3 Corrente corrigida dos condutores

No dimensionamento de circuitos de baixa tensão, a NBR 5410 estabelece que a seção dos condutores e a escolha dos dispositivos de proteção devem atender simultaneamente a diferentes critérios técnicos, entre eles a capacidade de condução de corrente, proteção contra sobrecarga, seção mínima e limitação da queda de tensão. A corrente de projeto do circuito é calculada a partir da potência prevista e da tensão de alimentação, no contexto da alimentação trifásica a corrente foi obtida através da equação 4.

A capacidade de condução de corrente dos condutores  $I_z$  é obtida a partir das tabelas normativas de ampacidade, conforme especificado no Anexo A, que relacionam a seção do condutor, o material, o tipo de isolamento, o método de referência de instalação e o número de condutores carregados. Neste projeto adotou-se o método de referência B2 da NBR 5410. Esse método corresponde à instalação de condutores em eletroduto metálico ou de PVC fixado sobre parede de madeira, com distância entre o eletroduto e a superfície da parede inferior a 0,3 vez o diâmetro do eletroduto. Essa condição representa a situação da escola itinerante, em que os eletrodutos de PVC são aparentes sobre painéis de madeira.

As condições reais da instalação nem sempre coincidem com o caso de referência. Por isso, a NBR 5410 introduz fatores de correção, em especial o fator de temperatura ambiente e o fator de agrupamento de circuitos. O primeiro corrige a influência de ambientes mais quentes ou mais frios e o segundo reduz a capacidade de condução quando vários circuitos percorrem o mesmo eletroduto ou feixe. A corrente corrigida do condutor é então calculada por

$$I_z = I_{\text{tabelado}} * F_{\text{temperatura}} * F_{\text{agrupamento}} \quad (13)$$

Onde  $I_{\text{tabelado}}$ , representa a capacidade de condução de corrente do condutor, em amper, obtida nas tabelas do Anexo A. O fator de correção  $F_{\text{temperatura}}$  foi adotado igual a 1,0, uma vez que a temperatura ambiente do projeto não exige ajuste adicional. Já o fator de correção  $F_{\text{agrupamento}}$ , é fornecido pela NBR 5410 e leva em conta o número de circuitos instalados no mesmo eletroduto, reduzindo a capacidade de corrente dos condutores quando há agrupamento, esses valores estão especificados no Anexo G.

#### 2.2.4 Critério para escolha dos disjuntores de proteção

Uma vez conhecidos e calculado a corrente do circuito e a corrente corrigida, a escolha do dispositivo de proteção contra sobrecarga deve obedecer às condições indicadas pela NBR 5410

$$I_{\text{Projeto}} \leq I_{\text{Disjuntor}} \leq I_{\text{corrigida}} \quad (14)$$

Na prática, isso significa selecionar um disjuntor com corrente nominal imediatamente acima da corrente de projeto, mas sem ultrapassar a capacidade corrigida do cabo. Esse procedimento assegura que o dispositivo não desarme em regime normal, ao mesmo tempo em que protege os condutores contra sobrecargas prolongadas.

#### 2.2.5 Componentes básicos de uma instalação elétrica

Os componentes básicos de uma instalação elétrica em baixa tensão incluem condutores, dispositivos de proteção e seccionamento, bem como os quadros de distribuição e os circuitos terminais. A forma como esses elementos são selecionados e organizados determina não apenas o funcionamento adequado do sistema, mas também o nível de segurança oferecido aos usuários, em conformidade com os requisitos da NBR 5410 (ABNT, 2005).

Os condutores elétricos são responsáveis pela condução da corrente entre a fonte de alimentação e as cargas. Em instalações prediais, utilizam-se predominantemente condutores de cobre, isolados em PVC ou materiais equivalentes, com seções nominais padronizadas. O dimensionamento desses condutores deve considerar a corrente prevista no circuito, a capacidade de condução de corrente para o método de instalação adotado, a temperatura ambiente, o tipo de isolação, o comprimento do circuito e os limites de queda de tensão. A NBR 5410 apresenta tabelas específicas de capacidade de condução de corrente, fatores de correção por agrupamento e temperatura, que orientam a escolha da seção adequada dos condutores; neste trabalho, tais tabelas são utilizadas como referência e apresentadas no Anexo A.

Os dispositivos de proteção e seccionamento têm a função de limitar as correntes em situação de falha e permitir a interrupção segura da alimentação quando necessário. Entre esses dispositivos destacam-se os disjuntores termomagnéticos, empregados na proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos, os dispositivos diferenciais residuais (DR), destinados à proteção contra choques elétricos, e os dispositivos de seccionamento, como chaves seccionadoras e disjuntores gerais, que possibilitam o desligamento de circuitos para manutenção ou em situações de emergência. Neste trabalho, os critérios de subdivisão de circuitos e os limites adotados para a composição dos quadros de distribuição foram definidos com base nas recomendações da NBR 5410. Considerando esses componentes e parâmetros de projeto, torna-se necessário refletir sobre as particularidades das instalações elétricas em estruturas provisórias, como aquelas utilizadas em escolas do campo, tema abordado na subseção seguinte.

#### 2.2.6 Particularidade de instalações provisórias

Em contextos de escolarização em áreas rurais e assentamentos, é frequente a utilização de materiais provisórios ou adaptadas para o funcionamento das escolas. São estruturas construídas, em geral, com materiais leves, como madeira, ou mesmo lonas, muitas vezes erguidas com o objetivo inicial de atender a uma demanda emergencial. A natureza provisória desses espaços favorece o uso de soluções improvisadas. Em muitos casos, a instalação original é dimensionada apenas para

atender a um uso mínimo, mas, ao longo do tempo, são incorporados novos equipamentos, sem a devida adequação da infraestrutura elétrica. Soma-se a isso a recorrente ausência de sistemas de aterramento, a falta de dispositivos diferenciais residuais (DR) e a utilização de condutores e tomadas expostos às condições climáticas aumenta o risco de falhas, choques elétricos e incêndios.

Nesse contexto, torna-se relevante que o projeto elétrico considere não apenas a condição provisória da edificação, mas também a possibilidade de reaproveitamento futuro da infraestrutura quando a escola for transferida para uma construção em alvenaria. Assim, a adoção de canaletas e eletrodutos aparentes, a setorização dos circuitos e a escolha de condutores e dispositivos de proteção compatíveis com uma configuração mais definitiva permitem que grande parte da instalação possa ser deslocada e reinstalada, reduzindo custos e evitando o descarte de materiais.

## 2.3 SEGURANÇA ELÉTRICA E RISCOS EM AMBIENTES ESCOLARES

A segurança elétrica em ambientes escolares está diretamente associada à proteção da vida de alunos, professores e funcionários, bem como à continuidade das atividades educacionais. Autores como Creder (2016) e Mamede Filho (2017) destacam que a qualidade do projeto elétrico não se limita ao atendimento da carga instalada, mas envolve também a adoção de soluções que minimizem riscos ao longo da vida útil da edificação, o que é particularmente relevante em espaços educacionais.

Os dados nacionais evidenciam que os acidentes de origem elétrica continuam sendo um problema grave. De acordo com Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL), foram registrados no Brasil 2.089 acidentes de origem elétrica, resultando em 781 mortes. Desse total, 674 óbitos decorreram de choques elétricos, 67 de incêndios provocados por falhas em instalações e 40 de descargas atmosféricas. Esses números mostram que falhas em instalações elétricas têm consequências que vão além da perda de desempenho, configurando risco real à integridade física dos usuários e à segurança das edificações.

Em contextos escolares provisórios ou precários, como escolas itinerantes em áreas rurais, a combinação entre instalações aparentes, materiais combustíveis e

ausência de manutenção tende a agravar esses riscos, justificando a necessidade de projetos elétricos cuidadosos e em conformidade com a NBR 5410.

### 2.3.1 Choque elétrico, contato direto e indireto em espaços educacionais

O choque elétrico é um dos principais riscos em instalações de baixa tensão e ocorre quando uma corrente elétrica atravessa o corpo humano. A NBR 5410 distingue o contato direto, quando a pessoa toca partes normalmente energizadas (condutores, terminais expostos), e o contato indireto, quando o choque ocorre ao tocar partes condutivas acessíveis que se tornam energizadas em função de uma falha de isolamento, como carcaças metálicas de equipamentos (ABNT, 2005). Em ambientes escolares, a presença de crianças e adolescentes, muitas vezes desatentos ou curiosos, torna esses riscos mais críticos, sobretudo em situações em que há tomadas danificadas, cabos expostos, extensões improvisadas ou equipamentos sem aterramento adequado, como ventiladores, projetores e computadores.

Para reduzir a probabilidade e a gravidade dos choques, a NBR 5410 recomenda a adoção de diversas medidas de proteção, entre as quais se destacam o uso de dispositivos diferenciais residuais (DR) em circuitos que atendem tomadas e áreas molhadas, a correta execução do sistema de aterramento (ABNT, 2005; CREDER, 2016). Em escolas provisórias, nas quais a instalação é predominantemente aparente e sujeita a intervenções frequentes, a aplicação dessas medidas assume papel central para reduzir as ocasiões de sobrecorrentes e suas consequência, riscos de choque aos usuários.

### 2.3.2 Sobrecorrentes, curto-circuitos, aquecimento de condutores e risco de incêndio

Além dos choques elétricos, as sobrecorrentes e os curtos-circuitos representam um importante conjunto de riscos em instalações escolares. Sobrecorrentes ocorrem quando a corrente que percorre um circuito ultrapassa o valor previsto em projeto, seja por sobrecarga de equipamentos em um mesmo circuito, seja por falhas de uso ou de manutenção. Já o curto-circuito corresponde a uma falha de isolamento que provoca a ligação direta entre condutores de potenciais diferentes, resultando em correntes de elevada magnitude em um intervalo de tempo muito curto. Em ambos os

casos, o efeito principal é o aquecimento acentuado dos condutores e dos pontos de conexão, podendo levar à degradação da isolação, à carbonização de materiais ao redor e, em situações extremas, ao início de incêndios (MAMEDE FILHO, 2017; CREDER, 2016).

Em edificações escolares provisórias a correta seleção e coordenação de disjuntores, o dimensionamento adequado dos condutores, a limitação da queda de tensão e a subdivisão racional dos circuitos tornam-se medidas indispensáveis para reduzir o risco de aquecimento excessivo e incêndios, de acordo com as exigências da NBR 5410.

## 2.4 NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS A EDIFICAÇÕES

O projeto de reestruturação elétrica da Escola Itinerante Vagner Lopes está fundamentado, principalmente, na NBR 5410, que estabelece os requisitos para instalações elétricas de baixa tensão em edificações, definindo critérios mínimos para seção de condutores, capacidade de condução de corrente, queda de tensão, proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos, bem como exigências de proteção contra choques elétricos, que devem ser atendidos simultaneamente no dimensionamento dos circuitos.

Além da NBR 5410 e de normas complementares aplicáveis a locais de afluência de público, o projeto também se apoia em livros técnicos de instalações elétricas e análise de circuitos, bem como em guias de dimensionamento e padrões de entrada publicados por concessionárias de energia elétrica, que orientam o cálculo das cargas, a definição dos cabos, dos disjuntores e a forma adequada de alimentação elétrica da escola.

### 2.4.1 ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão

A NBR 5410 estabelece as condições que as instalações elétricas de baixa tensão devem atender para garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. Aplica-se às instalações de edificações de qualquer uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário etc.), incluindo construções pré-fabricadas e instalações

temporárias, como canteiros de obra, feiras, acampamentos e estruturas provisórias, nesse contexto as normas se aplicam e se relacionam a realidade das escolas itinerantes.

No âmbito deste projeto, a NBR 5410 é tomada como referência central para a definição do esquema de distribuição, da divisão da instalação em circuitos, especialmente, para o dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção. A norma exige que a seção dos condutores atenda simultaneamente a critérios de seção mínima, capacidade de condução de corrente, queda de tensão, suportabilidade a correntes de curto-circuito e sobrecarga, além da proteção contra choques elétricos, o que se reflete diretamente nas escolhas de cabos, disjuntores e arranjo dos circuitos da Escola Itinerante Vagner Lopes.

#### 2.4.2 Normas e manuais de concessionária de energia elétrica

Além das normas da ABNT, o projeto de reestruturação elétrica da Escola Itinerante Vagner Lopes considera também as normas técnicas e manuais emitidos pelas concessionárias de energia elétrica, que detalham as condições de fornecimento em baixa tensão. Documentos como a NTC 901100, da Copel, e padrões técnicos de outras distribuidoras estabelecem requisitos para o padrão de entrada, de acordo com a carga calculada. Esses materiais, aliados a guias de dimensionamento de cabos em baixa tensão, fornecem tabelas e procedimentos práticos para cálculo de corrente, queda de tensão e definição de condutores e dispositivos de proteção, servindo como referência complementar às normas gerais no desenvolvimento do projeto elétrico da escola.

Além das normas da ABNT, este projeto considera as orientações da concessionária de energia responsável pelo atendimento à região, em especial a NTC 901100 – Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição, da Copel, que estabelece os limites de fornecimento, tipos de atendimento e requisitos para o padrão de entrada em baixa tensão. No caso da Escola Itinerante Vagner Lopes, o enquadramento da unidade consumidora e a definição do padrão de entrada em tensão trifásica foram realizados com base na tabela de limites de fornecimento em tensão secundária dessa norma, apresentada no Anexo B, conjugadas às demais normas de instalações elétricas de baixa tensão, essas referências orientam o dimensionamento e a configuração do sistema, constituindo a base para os critérios de projeto adotados para ambientes educacionais.

## 2.5 CRITÉRIOS DE PROJETO ELÉTRICO PARA AMBIENTES EDUCACIONAIS

Em ambientes educacionais, os critérios de projeto elétrico não se limitam ao atendimento das condições mínimas de segurança definidas pela NBR 5410. Nesse sentido, adotam-se como critérios de projeto: a separação entre circuitos de iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico; a previsão de pontos de tomada compatível com o uso pedagógico de equipamentos de informática, áudio e vídeo. A seleção de dispositivos de proteção adequados ao nível de curto-circuito e às características da carga. O atendimento aos limites de queda de tensão ao longo dos alimentadores e circuitos terminais. No caso da Escola Itinerante Vagner Lopes, esses critérios são aplicados considerando as particularidades de uma estrutura provisória em área de acampamento, buscando conciliar segurança, confiabilidade no fornecimento de energia e suporte às atividades pedagógicas desenvolvidas no espaço escolar.

### 2.5.1 Dimensionamento de circuitos de iluminação em salas de aula e áreas comuns

No dimensionamento dos circuitos de iluminação, este trabalho adota as normas da NBR 5410. Para a previsão de carga de iluminação, a norma define que cada cômodo deve possuir, no mínimo, um ponto de luz, atribuindo uma potência mínima de 100 VA para ambientes com área igual ou inferior a 6 m<sup>2</sup> e 100 VA acrescidos de 60 VA para cada 4 m<sup>2</sup> inteiros adicionais quando a área é superior a esse valor. Da norma a corrente máxima dos circuitos de iluminação não pode ultrapassar 16 A.

A NBR 5410 também determina que os circuitos de iluminação sejam previstos de forma independente dos circuitos de tomadas, com condutores de seção mínima de 1,5 mm<sup>2</sup> em cobre, atendendo simultaneamente aos critérios de capacidade de condução de corrente, seção mínima, proteção contra sobrecorrentes e verificação da queda de tensão. Para os circuitos terminais que alimentam pontos de luz em salas de aula e áreas comuns, adota-se o limite de queda de tensão recomendado pela norma, de modo a garantir o funcionamento adequado das luminárias e a uniformidade da iluminação ao longo dos ambientes.

### 2.5.2 Dimensionamento de circuitos de tomadas TUG e TUE

No dimensionamento dos circuitos de tomadas, este trabalho adota a norma NBR 5410 para tomadas de uso geral (TUG) e tomadas de uso específico (TUE). A norma estabelece potências mínimas por ponto de tomada conforme o tipo de ambiente: em banheiros, cozinhas, copas, áreas de serviço e locais análogos, deve-se atribuir 600 VA por ponto até três pontos e 100 VA por ponto para os excedentes. Nos demais cômodos, considera-se 100 VA por ponto de tomada. Os circuitos que alimentam tomadas são classificados como circuitos de força, devendo possuir condutores com seção mínima de 2,5 mm<sup>2</sup> em cobre, atendendo simultaneamente aos critérios de seção mínima, capacidade de condução de corrente, proteção contra sobrecorrentes e verificação da queda de tensão.

A NBR 5410 também recomenda a separação entre circuitos de TUG e TUE, prevendo circuitos independentes e exclusivos para equipamentos com corrente nominal superior a 10 A, como chuveiros elétricos, condicionadores de ar e outros aparelhos de maior potência. No projeto da Escola Itinerante Vagner Lopes, os circuitos de TUG são dimensionados considerando fator de potência de 0,8, a potência mínima normativa por ponto e a limitação da corrente de cada circuito em valores da ordem de até 10 A, o que permite o uso de disjuntores termomagnéticos de 10 A ou 16 A, conforme o caso, evitando sobrecarga dos condutores e facilitando a divisão equilibrada das cargas. Já as TUE são alimentadas por circuitos dedicados, dimensionados a partir da potência nominal dos equipamentos, com verificação específica da queda de tensão e da capacidade de interrupção dos dispositivos de proteção.

### 2.5.3 Fator de demanda circuitos elétricos

O fator de demanda é um parâmetro essencial no dimensionamento de instalações elétricas, pois estabelece a relação entre a carga instalada e a carga que efetivamente será solicitada em condições reais de operação. Como nem todos os equipamentos funcionam simultaneamente em sua potência máxima, o fator de demanda permite ajustar os valores de cálculo, garantindo que o projeto não seja subdimensionado, nem apresente desperdício de material e sobrecarga estrutural. Segundo Creder (2016), a aplicação correta do fator de demanda evita superdimensionamento dos alimentadores e

resulta em projetos mais seguros, econômicos e compatíveis com o uso real da instalação. As concessionárias de energia elétrica também publicam suas próprias tabelas de demanda, as quais regulamentam o enquadramento das unidades consumidoras e orientam o dimensionamento. No caso da EDP, os fatores de demanda são apresentados em sua norma técnica de fornecimento em baixa tensão, disponibilizando faixas específicas conforme a potência instalada, a tipologia da carga e o perfil de consumo.

Para o cálculo da demanda elétrica da escola itinerante, adotaram-se valores de fator de demanda específicos para instalações escolares, obtidos tanto na literatura técnica quanto nas normas da concessionária de energia. As tabelas empregadas encontram-se apresentadas, respectivamente, nos Anexos C e D.

#### 2.5.4 Requisitos elétricos para ambientes especiais

Em ambientes especiais, como laboratórios, salas de informática e espaços com alta concentração de equipamentos eletroeletrônicos, o dimensionamento elétrico não pode se limitar apenas às potências mínimas por ponto estabelecidas pela ABNT NBR 5410. A própria norma orienta que o projeto leve em consideração as condições reais de utilização, a natureza das cargas, a sensibilidade dos equipamentos, a possibilidade de partidas simultâneas e as perspectivas de ampliações futuras, de modo a garantir segurança, continuidade de serviço e desempenho adequado da instalação ao longo do tempo.

Dessa forma, o critério de projeto adotado nesses ambientes deve ir além dos valores normativos mínimos, combinando as exigências da NBR 5410 com um levantamento detalhado das cargas instaladas e previstas, da simultaneidade de uso e da necessidade de reserva de capacidade para expansões. Isso inclui, por exemplo, considerar o uso concomitante de computadores, projetores, fontes de alimentação e outros dispositivos que, embora individualmente possam ter baixa potência, em conjunto representam uma demanda significativa. No contexto da Escola Itinerante Vagner Lopes, esses cuidados são essenciais para que laboratórios, salas de apoio pedagógico e demais espaços de uso intensivo de tecnologia possam operar com segurança e estabilidade, mesmo em uma estrutura física simplificada, montada em módulos e sujeita

a adaptações ao longo do tempo, evitando que limitações da instalação elétrica se tornem um obstáculo ao desenvolvimento das atividades escolares.

## 2.6 EXPERIÊNCIAS DE DIAGNÓSTICO E ADEQUAÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ESCOLAS PÚBLICAS URBANAS E RURAIS

No contexto das escolas do campo, os desafios relacionados à infraestrutura elétrica tendem a ser ainda mais acentuados. Estudos sobre eletrificação e acesso à energia em estabelecimentos rurais evidenciam que muitas escolas localizadas em áreas isoladas ainda apresentam ausência de eletricidade ou instalações internas precárias, o que limita o uso de equipamentos pedagógicos, restringe o funcionamento em determinados horários e compromete a qualidade das atividades escolares (ALGEBAILLE, 2019). Análises baseadas em dados do Censo Escolar e de estudos encomendados pelo Inep indicam que a falta ou baixa qualidade do fornecimento de energia elétrica é mais grave em regiões rurais e na Amazônia Legal, onde um número significativo de escolas permaneceu por anos sem instalações elétricas adequadas, mesmo em relativa proximidade da rede pública (ALGEBAILLE, 2019).

Projetos de adequação elétrica desenvolvidos em escolas rurais, em geral no âmbito de trabalhos de conclusão de curso e programas de extensão universitária, têm buscado propor soluções técnicas alinhadas à NBR 5410 e às normas das concessionárias, contemplando dimensionamento de condutores, reorganização de quadros de distribuição, correção de sobrecargas e melhorias luminotécnicas (COSTA; ROCHA, 2019; MARQUES, 2015). Contudo, observa-se que a literatura técnico-científica ainda é escassa quando se trata especificamente de escolas itinerantes e estruturas temporárias típicas de assentamentos rurais. Há poucas sistematizações sobre metodologias de diagnóstico aplicadas a escolas móveis, critérios de projeto adaptados à mobilidade das edificações e estratégias de adequação elétrica em contextos marcados por construções provisórias. Essa lacuna reforça a relevância de estudos que articulem segurança elétrica, normas técnicas e as particularidades da educação do campo, contribuindo para projetos que contemplem tanto a conformidade normativa quanto às condições reais de funcionamento das escolas itinerantes.

### 2.6.1 Projeto de melhoria em escolas do campos e escolas itinerantes: lições aprendidas e lacunas da literatura

Os projetos de melhoria elétrica desenvolvidos em escolas do campo têm evidenciado desafios estruturais que diferem significativamente daqueles observados em ambientes urbanos. Em regiões rurais, a precariedade da rede elétrica, a ausência de manutenção preventiva e a utilização de instalações improvisadas dificultam o funcionamento adequado das atividades escolares. Estudos recentes mostram que muitas escolas rurais ainda operam com redes antigas, sem aterramento, com sobrecargas e ausência de dispositivos essenciais de proteção, como disjuntores compatíveis e interruptores diferenciais residuais (COSTA; ROCHA, 2019; MARQUES, 2015). Tais condições comprometem não apenas a segurança física dos usuários, mas também a possibilidade de integrar tecnologias digitais, iluminação adequada e equipamentos pedagógicos que dependem da estabilidade da rede elétrica.

As escolas itinerantes, presentes principalmente em assentamentos rurais e comunidades em processo de mobilização, enfrentam limitações ainda mais acentuadas. Como a estrutura física dessas escolas é frequentemente temporária e de rápida implantação, a adequação elétrica tende a ser realizada de forma emergencial, sem projeto técnico e com forte dependência de recursos locais. A literatura acadêmica indica que há uma escassez significativa de pesquisas dedicadas especificamente às demandas elétricas dessas escolas, o que dificulta a aplicação de soluções normativas consistentes. Algebaile, Silva e Viveiros (2019) destacam que a ausência de infraestrutura elétrica adequada agrava desigualdades educacionais e limita o tempo de funcionamento das aulas, especialmente em regiões remotas onde o fornecimento é instável ou inexistente.

Apesar dos avanços observados em alguns projetos de extensão universitária e iniciativas comunitárias, a produção científica ainda apresenta lacunas importantes. Poucos estudos discutem metodologias adaptadas para diagnóstico elétrico em estruturas temporárias. Da mesma forma, há falta de projetos técnicos que orientem o dimensionamento de circuitos, considerando a natureza temporária desses espaços. Assim, permanece aberta a necessidade de pesquisas que articulem as exigências normativas da NBR 5410 às realidades das escolas do campo e itinerantes.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi desenvolvida com o objetivo de analisar, diagnosticar e propor a adequação da instalação elétrica da Escola Itinerante Vagner Lopes, considerando suas condições reais de uso e as exigências estabelecidas pelas normas técnicas brasileiras. Para isso, foram realizadas etapas de levantamento de dados, diagnóstico das não conformidades e elaboração do projeto elétrico conforme os critérios da NBR 5410 e das normas complementares da concessionária de energia.

O processo do estudo envolveu tanto a observação direta da infraestrutura existente quanto a coleta de informações sobre a ocupação dos ambientes, os equipamentos utilizados e as necessidades pedagógicas da comunidade escolar. A partir desse diagnóstico, foram aplicados procedimentos de dimensionamento elétrico, incluindo determinação de cargas, previsão de demanda, análise de queda de tensão, definição de circuitos, escolha de seções de condutores e seleção de dispositivos de proteção. Dessa forma, a metodologia integra análise técnica, interpretação das condições de uso e aplicação prática das normas, orientando a proposta final de adequação elétrica apresentada neste trabalho, cujos resultados são discutidos no Capítulo 4.

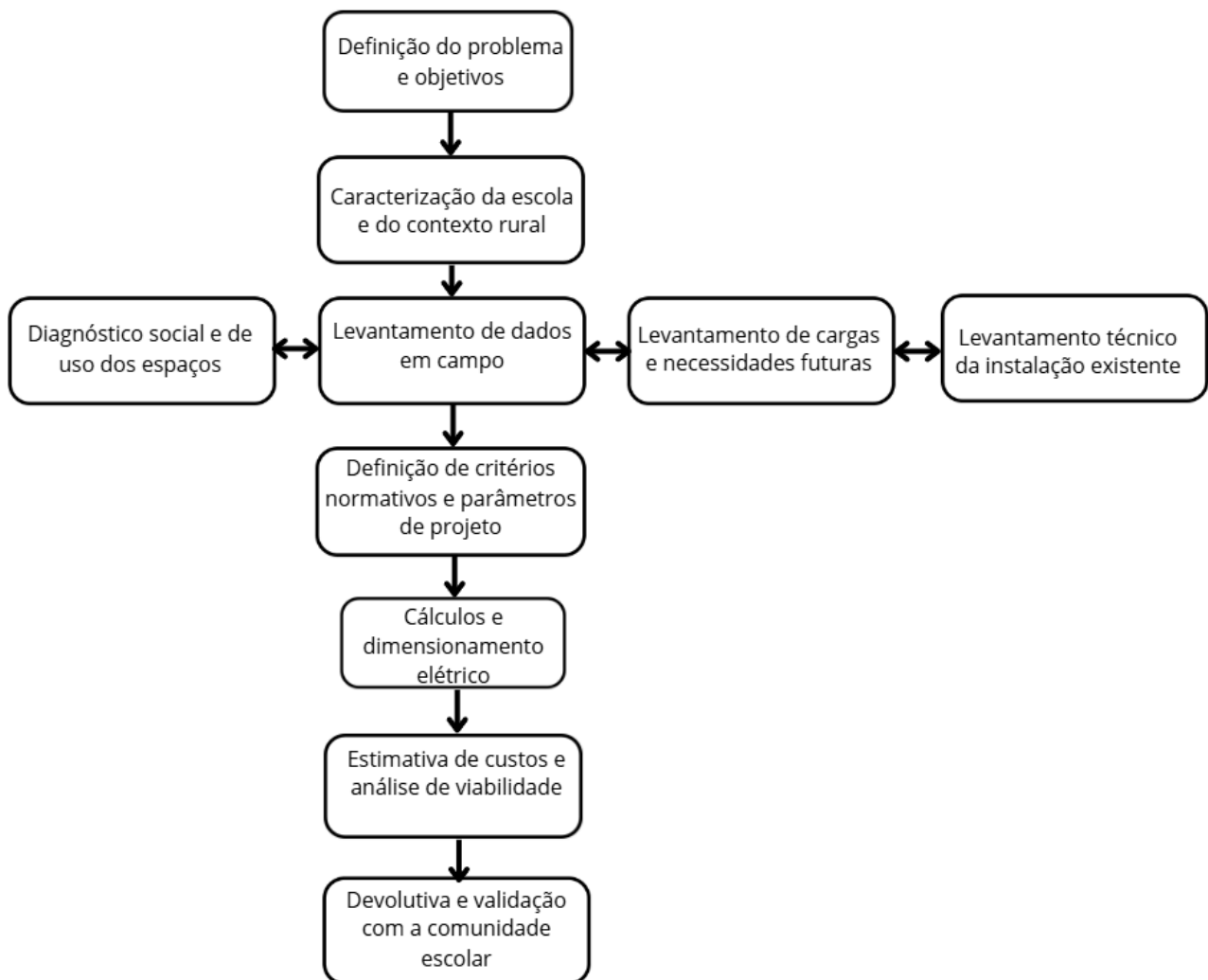
Adicionalmente, utilizou-se apoio de ferramenta de Inteligência Artificial exclusivamente para revisão e conferência textual em diferentes seções do trabalho. A ferramenta não foi empregada para gerar conteúdo técnico, dimensionamentos, resultados, interpretações normativas ou conclusões, permanecendo o autor integralmente responsável pelo conteúdo final.

#### 3.1 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi organizada em etapas sequenciais, desde a visita inicial à escola até a elaboração do projeto elétrico e a devolutiva à comunidade escolar. Partiu-se da construção do problema e dos objetivos, avançando para o diagnóstico social e de uso dos espaços, o levantamento técnico da instalação existente e a estimativa das cargas atuais e futuras. Com base nesses dados, definiram-se os critérios normativos e os parâmetros de projeto adotados, que orientaram

os cálculos e o dimensionamento dos circuitos, condutores e dispositivos de proteção. Para sintetizar esse percurso, elaborou-se um fluxograma que apresenta, de forma resumida, as principais fases do estudo, relacionando o diagnóstico social, o levantamento técnico e os procedimentos de dimensionamento elétrico até a etapa de devolutiva e validação com a comunidade escolar.

**Figura 1** – Fluxograma das etapas metodológicas do estudo



Fonte: elaboração própria (2025).

Conforme apresentado na Figura 1, o estudo foi desenvolvido em etapas, inicia na visita com a escola e da definição do problema, passa pelo levantamento de dados em campo (social e técnico), pela análise da instalação elétrica existente e pelo cálculo das cargas e da demanda, e, a partir disso, avança para o dimensionamento dos circuitos, condutores e dispositivos de proteção conforme as normas técnicas. Na

sequência, são estimados os custos e analisada a viabilidade de implementação do projeto, finalizando com a devolutiva das propostas à comunidade escolar e com a validação do estudo.

### 3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

O levantamento de dados foi realizado de forma conjunta, com observação em campo e com a ajuda da comunidade escolar, para compreender sua necessidade atual e futura.

A visita à Escola Itinerante Vagner Lopes ocorreu com acompanhamento da equipe escolar, que apresentou os principais ambientes e relatou as dificuldades enfrentadas no uso cotidiano. Durante a visita foram identificados os espaços de maior permanência de pessoas, como salas de aula, cozinha, refeitório, secretaria e sala dos professores, bem como locais em que já se observavam sinais de sobrecarga, uso de extensões e adaptações improvisadas.

Além das observações, foram levantadas as cargas existentes por ambiente, por meio da identificação dos equipamentos em uso e de suas potências nominais. Sempre que possível, essas informações foram obtidas diretamente das placas elétricas dos equipamentos ou de tabelas de potência conforme o Anexo E. Também foram registrados o número e a disposição de pontos de tomada e iluminação, o tipo de fiação, a organização dos quadros e o estado geral da instalação.

Esse levantamento não se limitou a aspectos técnicos da instalação, mas buscou entender como a comunidade escolar utiliza os espaços e quais dificuldades enfrentam no uso cotidiano de iluminação, ventilação e equipamentos elétricos.

#### 3.2.1 Diagnóstico social e de uso do espaço

A partir do levantamento em campo, foi elaborado um diagnóstico social e de uso dos espaços da Escola Itinerante Vagner Lopes. Essa foi fundamental para compreender como os ambientes são ocupados no cotidiano, quais atividades pedagógicas e administrativas neles ocorrem e de que maneira as limitações da

instalação elétrica interferem na rotina escolar. Para isso, foram consideradas tanto as observações realizadas durante a visita quanto os relatos de professores, direção e funcionários.

Observou-se que salas de aula, cozinha, refeitório, secretaria e sala dos professores concentram a maior permanência de pessoas e o uso contínuo de iluminação, ventilação e equipamentos. A cozinha e o refeitório apresentam picos de demanda em horários específicos, associados ao preparo e ao serviço das refeições, enquanto a secretaria e a direção dependem do funcionamento em período integral de computadores, impressoras e outros equipamentos que demandam alimentação elétrica mais estável.

Durante a visita e nas conversas com os professores, foi possível perceber o desconforto térmico nas salas de aula, a baixa circulação de ar e as dificuldades para utilizar determinados equipamentos, devido à má distribuição de tomadas e à iluminação insuficiente. Entre os relatos apresentados pela equipe escolar, destacou-se o fato de que a escola recebeu aparelhos de ar-condicionado, os quais chegaram a ser instalados em alguns ambientes, mas, ao acioná-los juntamente com outros equipamentos, ocorria queda de energia e interrupção do funcionamento da escola. Em função dessa limitação da infraestrutura elétrica, parte dos equipamentos recebidos não estava em uso.

### 3.2.2 Papel da escola na comunidade

Além das atividades curriculares, as escolas Itinerantes desempenham um papel fundamental na vida da comunidade local. Em um contexto de área rural, onde as moradias são dispersas e os espaços públicos de lazer são praticamente inexistentes, a escola se torna um ponto fundamental onde não se trata somente de uma escola, mas também de um espaço público que proporciona recreação, socialização, educação e integração.

Assim, o diagnóstico social e de uso dos espaços mostrou que a reestruturação elétrica proposta não se limita a uma adequação técnica, mas contribui para fortalecer a escola como espaço coletivo da comunidade. Melhorar o fornecimento

de energia amplia as possibilidades de uso da escola para além do horário de aula, favorecendo a permanência dos estudantes e a convivência em um território frequentemente negligenciado pelo poder público.

### 3.3 DIAGNÓSTICO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES

Após a etapa de diagnóstico social e de uso dos espaços, foi realizado o diagnóstico das instalações elétricas existentes, por meio de vistoria técnica presencial, na qual foram observadas as condições dos condutores, dos quadros de distribuição, das proteções, dos pontos de utilização e da organização dos circuitos. Essa etapa teve como objetivo comparar a situação real da escola com os requisitos da NBR 5410 (ABNT, 2004) e das normas complementares da concessionária.

Durante a visita técnica, foram registradas fotografias e anotações, organizadas em um checklist de verificação contendo as informações sobre as condições gerais da instalação elétrica, bem como as situações dos condutores, presença dos dispositivos de proteção, a existência de quadro de distribuição, identificação dos circuitos, existência de aterramento e possíveis situações de sobrecarga. Esses registros serviram de base para a análise das não conformidades e para a definição das intervenções propostas, apresentadas no Capítulo 4.

#### 3.3.1 Levantamento de cargas existentes e fator de demanda

O levantamento das cargas existentes teve como finalidade identificar todos os equipamentos elétricos atualmente utilizados na escola, suas potências nominais. Essa etapa é fundamental para determinar a carga instalada, analisar a demanda e verificar o consumo real. Foram registradas as cargas de iluminação, tomadas de uso geral (TUG) e tomadas de uso específico (TUE), considerando as informações disponíveis nas placas dos equipamentos e, quando necessário, estimativas baseadas em dados técnicos de equipamentos similares, conforme é fornecido pela concessionária CEMIG, no Anexo E.

Além da carga atualmente em uso, foram consideradas também as

necessidades futuras, como a ampliação do número de equipamentos pedagógicos, a inclusão de novos pontos de iluminação e a previsão de computadores, projetores e equipamentos administrativos adicionais. Esses elementos foram incorporados ao cálculo de forma a garantir que a instalação projetada seja capaz de atender não apenas à demanda presente, mas também ao crescimento futuro.

Com base nas informações coletadas, foi elaborada a Tabela 1, contendo a potência instalada por ambiente e a soma por circuito. A partir desses valores, procedeu-se à aplicação de fatores de demanda para escolas, conforme recomendações do livro de Hélio Creder e das normas técnicas da concessionária EDP, ajustando a carga instalada à carga que tende a ser efetivamente solicitada em condições reais de uso. Dessa forma, obteve-se a carga de demanda global da escola, apresentada na Tabela 1, que serviu de base para as etapas subsequentes de dimensionamento dos condutores e dispositivos de proteção.

### 3.3.2 Entrada de energia e definição do padrão de fornecimento

A etapa de definição da entrada de energia teve como objetivo estabelecer o padrão de fornecimento mais adequado às necessidades da Escola Itinerante Vagner Lopes, em conformidade com a NBR 5410 e com as normas técnicas da concessionária de energia. Inicialmente, foi analisada a situação atual de alimentação da escola, verificando-se as condições do ponto de entrega, a existência de poste padrão, caixa de medição, disjuntor de proteção geral e eventuais improvisos na derivação da rede. Essa verificação permitiu identificar limitações e não conformidades em relação ao padrão exigido para unidades consumidoras do tipo educacional.

A partir da carga instalada e da carga demandada obtidas no levantamento de cargas (Seção 3.2.1), foi definido o tipo de fornecimento em baixa tensão a ser adotado para a escola, considerando as faixas de atendimento disponibilizadas pela concessionária. Foram avaliadas alternativas de fornecimento monofásico, bifásico e trifásico, optando-se por um arranjo capaz de suportar a demanda prevista com margem para futura expansão, garantindo condições adequadas para o funcionamento simultâneo de equipamentos de iluminação, tomadas de uso geral, equipamentos pedagógicos e cargas específicas. Com base nas normas da concessionária, foram estabelecidas as

características construtivas do padrão de entrada, essas definições orientam a elaboração do projeto do padrão de entrada apresentado nos capítulos seguintes, assegurando que a ligação da escola à rede de distribuição atenda aos requisitos técnicos e de segurança.

### 3.4 SETORIZAÇÃO DA ESCOLA ITINERANTE

Antes da elaboração do quadro de cargas e do início dos cálculos de corrente e queda de tensão, a escola itinerante foi setorizada em dois conjuntos de ambientes. A primeira será denominada Bloco 1, corresponde às salas e dependências localizadas no entorno imediato do quadro geral de distribuição Figura 2.

**Figura 2** – Escola Itinerante Vagner Lopes, Bloco 1



Fonte: Movimento Sem Terra.

A segunda área é o Bloco 2 (Figura 3), que corresponde a um segundo conjunto de dependências localizado em uma região do terreno mais separada do Bloco 1, a uma distância significativamente maior do quadro geral de distribuição. Nesse bloco concentram-se uso intenso de equipamentos, o que resulta em uma demanda elétrica mais elevada. Por esse motivo, tornou-se necessária a implantação de um segundo quadro de distribuição dedicado ao Bloco 2, de forma a organizar melhor os circuitos e

evitar sobrecarga no quadro principal. Essa setorização em dois blocos foi adotada tanto para facilitar a leitura do projeto elétrico, quanto para permitir o dimensionamento adequado dos circuitos em função das distâncias e das cargas envolvidas, avaliando com mais precisão quedas de tensão, seções dos condutores e a necessidade de proteções específicas para cada trecho da instalação.

**Figura 3** – Escola Itinerante Vagner Lopes, Bloco 2



Fonte: Google Maps (2025).

Devido ao afastamento da área do Bloco 2 em relação ao quadro geral, optou-se pela instalação de um quadro de distribuição secundário. Dessa forma, reduz-se o comprimento dos circuitos terminais dessa região, minimizando quedas de tensão, otimizando o dimensionamento dos condutores e facilitando futuras manutenções, de acordo com as recomendações da NBR 5410 quanto à divisão racional da instalação.

### 3.4.1 Cálculo do quadro de carga bloco 1 e bloco 2

Para o Bloco 1 da escola foi elaborado um quadro de cargas específico, considerando apenas os ambientes atendidos diretamente pelo quadro geral de distribuição. Adotou-se tensão de 127 V para os circuitos de iluminação, e 220 V para os circuitos de tomadas de uso geral (TUG), de modo a reduzir as correntes nos condutores. As potências de iluminação e de TUG foram organizadas por agrupamentos de salas e somadas por circuito, sempre respeitando os limites de corrente recomendados pela NBR 5410 para circuitos terminais.

Quando a potência dos equipamentos estava especificada em watts, a potência aparente foi obtida a partir dessa potência ativa e do fator de potência, conforme descrito na Fundamentação Teórica. Os valores de fator de potência adotados para as luminárias e para as tomadas também seguiram aqueles definidos previamente na mesma seção, garantindo coerência entre o dimensionamento e os critérios teóricos estabelecidos no trabalho. Com a potência total de cada circuito e a respectiva tensão de alimentação, calculou-se a corrente de projeto e, a partir dela, foram selecionadas as bitolas dos condutores de cobre. Nessa etapa, verificou-se para cada combinação de corrente e seção escolhida se a capacidade de condução dos condutores estava compatível com os valores indicados pela NBR 5410 e pelos dados do Guia de Dimensionamento em Baixa Tensão (Anexo A).

O comprimento de cada circuito foi estimado considerando o percurso entre o quadro geral e o ponto de utilização mais afastado, com base nas dimensões da escola obtidas em planta e em medições realizadas por meio do Google Maps. Com a corrente de projeto, o comprimento do circuito e os valores de resistência e reatância dos condutores, calculou-se a queda de tensão em cada circuito de iluminação e de TUG, aplicando as expressões apresentadas na fundamentação teórica e verificando se o valor percentual permanecia abaixo do limite.

### 3.4.2 Quadro de carga e disjuntor de proteção

O quadro de carga geral foi elaborado com o objetivo de sintetizar os resultados do dimensionamento dos circuitos dos dois blocos da escola, reunindo em um

único instrumento as informações necessárias para a verificação das correntes, das seções de condutores e dos dispositivos de proteção. Para cada circuito foram registrados os ambientes atendidos, a potência total em VA, a tensão de alimentação, a corrente de projeto, a seção dos condutores, a queda de tensão percentual, o fator de agrupamento aplicado e a fase ou combinação de fases à qual o circuito foi conectado.

A partir desses dados, calculou-se a corrente corrigida de cada circuito, considerando os fatores de correção por agrupamento de cabos e pelas condições de instalação adotadas. Esses ajustes foram realizados com base nas tabelas de capacidade de condução de corrente da NBR 5410 e nas orientações do Guia de Dimensionamento em Baixa Tensão, garantindo que as seções dos condutores fossem compatíveis com a corrente de projeto e com a segurança operacional da instalação.

Com a corrente de projeto e a corrente corrigida definidas, procedeu-se à seleção dos disjuntores termomagnéticos, adotando-se, para cada circuito, uma corrente nominal superior à corrente de projeto, porém inferior ou igual à corrente corrigida, em conformidade com o critério de coordenação entre condutores e dispositivos de proteção estabelecido pela norma.

Dessa forma, o quadro de carga foi estruturado não apenas como uma lista de circuitos, mas como uma ferramenta de verificação do atendimento simultâneo aos limites de corrente admissível dos condutores, aos valores de queda de tensão e às correntes nominais dos disjuntores. O resultado final desses dados é apresentado na seção 4.

### 3.4.3 Considerações dos disjuntor de proteção

Para o dimensionamento do disjuntor geral de cada bloco, adotou-se como corrente de referência a maior corrente de fase obtida nos quadros de carga. Em alimentadores trifásicos, cada fase corresponde a um condutor vivo e o disjuntor possui polos de mesma corrente nominal, portanto, dimensionar o dispositivo pela fase mais carregada garante a proteção adequada para todo o conjunto. Assim, foi adotado o critério da equação (14) em que  $I_{Maxima}$  é a maior corrente de fase obtida no quadro de cargas,  $I_{Disjuntor}$  é a corrente nominal do disjuntor e  $I_{corrigida}$  é a capacidade de condução

de corrente do condutor, já considerada a aplicação dos fatores de correção. Ao atender à fase mais carregada, o disjuntor selecionado atende automaticamente as demais fases, que operam com correntes inferiores. Os valores numéricos obtidos e a escolha final dos disjuntores gerais são apresentados e discutidos no Capítulo 4.

#### 3.4.4 Critérios de uso dos dispositivos DR e DPS

Após o dimensionamento dos disjuntores, foram selecionados os demais dispositivos de proteção, em especial os dispositivos diferenciais residuais (DR) e os dispositivos de proteção contra surtos (DPS), de forma a complementar a segurança elétrica da instalação. Os DR foram previstos nos circuitos de tomadas e nos ambientes com maior exposição à umidade ou uso intenso, em conformidade com as recomendações da NBR 5410. A corrente nominal dos DR foi definida de modo a ser igual ou superior à corrente de projeto de cada bloco, e a tensão nominal compatível com a tensão do sistema de alimentação da escola. Para proteção de pessoas, adotou-se sensibilidade de 30 mA, conforme exigido pela NBR 5410 para circuitos de tomadas em áreas internas e externas.

Os DPS foram especificados com base na tensão máxima de operação contínua e no nível de tensão dos circuitos a serem protegidos. Assim, foram previstos DPS para os circuitos de iluminação alimentados em 127 V e para os circuitos de tomadas de uso geral (TUG) e de uso específico (TUE) alimentados em 220 V, garantindo a proteção contra sobretensões transitórias provenientes da rede de distribuição.

### 3.5 ESTIMATIVA DE CUSTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

A partir do projeto elétrico proposto para a Escola Itinerante Wagner Lopes, com definição de blocos, quadros de distribuição, circuitos, condutores e dispositivos de proteção, foi realizada uma estimativa de custos, com o objetivo de avaliar a viabilidade prática de implementação das melhorias sugeridas.

Inicialmente, foram quantificados os materiais necessários com base nas plantas e nos quadros de carga, metros de cabos de cada seção, quantidade de

disjuntores, dispositivos DR e DPS, quadros de distribuição, eletrodutos, pontos de tomada e iluminação, entre outros componentes. Em seguida, foram pesquisados valores de referência em plataformas on-line, buscando preços médios.

Com esses dados, elaborou-se uma planilha de custos contendo os principais materiais para adequação da instalação elétrica, como condutores, eletrodutos, dispositivos de proteção. A partir dessa planilha, tornou-se possível analisar diferentes cenários de implementação, seja pela execução integral do projeto em uma única etapa, seja por etapa, priorizando inicialmente os trechos mais críticos da instalação. Essa análise de custos é importante para que a escola e a comunidade possam planejar, junto a parceiros institucionais, movimentos sociais e eventuais financiadores, formas de viabilizar a execução do projeto, definindo prioridades, estimando investimentos e organizando a implementação de maneira realista, seja de forma integral ou por etapas.

### 3.6 DEVOLUTIVA E VALIDAÇÃO COM A ESCOLA E A COMUNIDADE

Considerando o caráter social deste trabalho e o vínculo da escola com a comunidade do assentamento, foi prevista uma etapa de devolutiva dos resultados à Escola Itinerante Vagner Lopes. Essa devolutiva tem como objetivo apresentar o projeto elétrico de forma clara e acessível, explicando as principais mudanças propostas na instalação, os benefícios esperados e os investimentos necessários para sua execução.

Nessa etapa, busca-se dialogar com a direção, professores, funcionários e, quando possível, com estudantes e representantes da comunidade, retomando os problemas identificados no diagnóstico e mostrando como o projeto elaborado procura adequar. A apresentação da setorização em blocos, da reorganização dos circuitos e da previsão de novos pontos de tomada e iluminação é feita relacionando cada decisão técnica ao cotidiano da escola.

Esse momento de devolutiva também funciona como forma de validação do trabalho, permitindo verificar se as soluções propostas fazem sentido para quem utiliza os espaços diariamente e se as prioridades definidas no projeto estão alinhadas às necessidades apontadas pela comunidade escolar.

## 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute os principais resultados obtidos com o diagnóstico da instalação elétrica da Escola Itinerante Vagner Lopes e com a elaboração do projeto de readequação. Mais do que expor valores de potência, correntes e bitolas de condutores, busca-se evidenciar como uma instalação elétrica organizada, dimensionada e protegida de forma adequada pode alterar de maneira concreta o funcionamento da escola, em termos de segurança, conforto e possibilidade de uso dos equipamentos já disponíveis pela comunidade escolar.

Os resultados estão organizados em etapas. A primeira parte apresenta a situação inicial, com foco nas condições físicas da instalação, nas não conformidades observadas e nos riscos associados, relacionando esses aspectos às dificuldades relatadas durante o diagnóstico social, como o desconforto térmico, as quedas de energia e a impossibilidade de utilizar plenamente equipamentos como os aparelhos de ar-condicionado. A segunda etapa descreve o projeto elétrico proposto, incluindo a setorização em blocos, a definição dos quadros de carga, o dimensionamento dos circuitos e a adequação do padrão de entrada, sempre procurando explicitar o sentido de cada escolha técnica para o uso cotidiano dos espaços. Por fim, é apresentada uma comparação entre a situação existente e a situação projetada, discutindo em que medida a reestruturação sugerida contribui para reduzir riscos, organizar melhor as cargas e ampliar as condições de ensino, convivência e permanência na escola.

Dessa forma, a discussão dos resultados foi construída de modo que um leitor com formação técnica possa acompanhar os critérios de projeto e verificar a conformidade com as normas, ao mesmo tempo em que um leitor consiga compreender, em linguagem acessível, o que cada resultado representa para a realidade vivida por estudantes, professores e moradores do assentamento.

### 4.1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

O diagnóstico das instalações elétricas existentes foi realizado por meio de vistoria técnica presencial, observando as condições dos condutores, dispositivos de proteção, pontos de utilização e organização dos circuitos. Essa etapa teve como objetivo identificar não conformidades em relação à NBR 5410. Durante a inspeção, foram

registradas fotografias ilustrando as principais situações encontradas, que serviram de base para a análise crítica e para a definição das intervenções propostas.

Entre as irregularidades observadas, destaca-se a presença de apenas um disjuntor geral instalado sem quadro de distribuição adequado, exposto e sem proteção mecânica, o que aumenta o risco de contato acidental e de danos por impacto além da ausência de dispositivos diferenciais residuais (DR) e de dispositivos de proteção contra surtos (DPS) no quadro de entrada, e também diversos trechos da instalação foram identificadas fiações aparentes e emendas improvisadas, evidenciado pela Figura 4 a e b.

**Figura 4 – Esquema geral da instalação elétrica existente**



Fonte: Autoria própria.

Observou-se a presença de salas de aula com fiação aparente, sem o uso de eletrodutos, em desacordo com as normas técnicas de instalações elétricas de baixa tensão. Além de não proporcionar os requisitos de proteção mecânica e de isolamento previstos na NBR 5410, essa condição expõe estudantes, professores e demais usuários a riscos de choque elétrico e de curto-circuito, especialmente em ambientes de grande

circulação. Essa situação é ilustrada na Figura 5, que apresenta trechos de cabeamento improvisado e fixado diretamente sobre as paredes, sem a devida proteção mecânica ou organização dos condutores. Esse tipo de montagem contraria os requisitos básicos das normas de instalações elétricas de baixa tensão e reforça a necessidade de reestruturação da instalação elétrica, tanto para reduzir os riscos de acidentes quanto para adequar a escola a um padrão mínimo de segurança e confiabilidade no uso da energia.

**Figura 5** – Fiação exposta em ambientes educacionais



Fonte: Autoria própria.

Também foram verificados pontos de tomada e iluminação sem qualquer padronização, com alturas e disposições distintas, em muitos casos, com condutores sem identificação adequada de fase, neutro e terra. Essa ausência de identificação compromete tanto a segurança quanto a manutenção da instalação, dificultando intervenções futuras e aumentando o risco de ligações incorretas. A Figura 6 ilustra essa situação, mostrando exemplos de pontos de uso com fiação exposta e condutores sem codificação de cores conforme as normas técnicas.

**Figura 6 – Fiação sem identificação**



Fonte: A autoria própria.

Além disso, constatou-se que os circuitos existentes não apresentavam divisão entre iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, havendo sobrecarga em alguns trechos, devido à concentração de vários equipamentos em poucos pontos de tomada. Essas condições evidenciam o caráter improvisado da instalação, típico de estruturas provisórias, e reforçam a necessidade de um projeto de readequação que considere a redistribuição dos circuitos, o dimensionamento adequado dos condutores e a inclusão de dispositivos de proteção compatíveis com as exigências normativas.

Além das irregularidades relacionadas à proteção e à organização dos circuitos, a visita técnica evidenciou também as más condições de iluminação dos ambientes, com níveis de luminosidade abaixo do adequado para atividades pedagógicas e grande presença de sombras e pontos escurecidos. Verificou-se a quantidade insuficiente de luminárias e a ausência de uma distribuição uniforme dos pontos de iluminação ao longo das salas. Essa situação é ilustrada na Figura 7, que registra trechos da escola com iluminação insuficiente e mal distribuída, reforçando a necessidade de replanejamento dos pontos de luz.

**Figura 7 – Sala de aula com baixa luminosidade**



Fonte: Autoria própria.

Essa realidade reforça que o problema da instalação elétrica não se restringe apenas à segurança, mas também às condições mínimas de conforto e funcionalidade necessárias ao desenvolvimento das atividades escolares. Assim, as imagens apresentadas, associadas às demais não conformidades identificadas, tornam evidente a necessidade e a urgência da reestruturação elétrica da escola, de modo a garantir ambientes mais seguros, iluminados e adequados no processo de ensino.

#### 4.2 RESULTADO DO LEVANTAMENTO DE CARGA E APLICAÇÃO DOS FATORES ELÉTRICOS

O levantamento das cargas existentes teve como finalidade identificar todos os equipamentos elétricos atualmente utilizados na escola e suas potências nominais. Essa etapa é fundamental para determinar a carga instalada, analisar a demanda e verificar o consumo real. Foram registradas as cargas de iluminação, tomadas

de uso geral (TUG) e tomadas de uso específico (TUE), considerando prioritariamente as informações disponíveis nas placas dos equipamentos e, quando necessário, estimativas baseadas em dados técnicos de equipamentos similares. Nessas situações em que a plaqueta de identificação não estava legível, recorreu-se aos valores de potência típicos apresentados no Anexo E, que reúne dados de referência disponibilizados pela CEMIG de equipamentos elétricos em geral, de modo a fornecer uma base aproximada para o dimensionamento. Além disso, o cálculo da potência instalada por ambiente foi ajustado em conformidade com os critérios mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 5410, considerando a potência por metro quadrado para iluminação e tomadas, bem como as exigências específicas para ambientes especiais, como cozinha e áreas de preparo de alimentos.

Além da carga atualmente em uso, foram consideradas também as necessidades futuras, como a ampliação do número de equipamentos pedagógicos, a inclusão de novos pontos de iluminação e a previsão de computadores, projetores e equipamentos administrativos adicionais. Esses elementos foram incorporados ao cálculo de forma a garantir que a instalação projetada seja capaz de atender não apenas à demanda presente, mas também ao crescimento natural das atividades escolares.

Com base nas informações coletadas, foi elaborada a Tabela 1 – Previsão de carga total, contendo a potência instalada por ambiente e a soma por circuito. A partir desses valores, procedeu-se à aplicação dos fatores de demanda previstos para o uso em edificações escolares, de forma a ajustar a carga instalada à carga que efetivamente tende a ser solicitada em condições reais de uso. Esse procedimento é fundamental porque, na prática, nem todos os equipamentos da instalação são acionados ao mesmo tempo, e considerar sempre a soma integral das potências levaria a um superdimensionamento da infraestrutura elétrica, com aumento desnecessário de seções de condutores, disjuntores e custos de execução. Por outro lado, a adoção de fatores de demanda reconhecidos em norma e em guias técnicos permite aproximar o cálculo do comportamento real de utilização das cargas ao longo do tempo.

No caso da Escola Itinerante Vagner Lopes, o fator de demanda foi aplicado tomando como referência os valores apresentados nos Anexos C e D, que orientam de forma específica o valor aplicado em escolas. A partir da potência instalada em cada grupo de carga, foram adotados fatores específicos para iluminação, tomadas de

uso geral e equipamentos específicos, de modo a representar a simultaneidade de uso ao longo da rotina escolar. Dessa forma, obteve-se a carga de demanda total da instalação, isto é, a potência equivalente já corrigida pelo fator de demanda, servindo de base para a definição do tipo de fornecimento e para o dimensionamento dos alimentadores principais. A carga final, com o fator de demanda aplicado, está sintetizada na Tabela 1.

**Tabela 1** – Levantamento de cargas instaladas e demandas previstas

Ambiente	Quantidade	Área m <sup>2</sup>	Iluminação e Tomadas uso geral		TUE						
			Iluminação (VA)	TUG (VA)	ar-condicionado	freezer	Micro-ondas	Torneira elétrica	Forno elétrico	Câmara fria	Computador
Sala de aula	22	30	10.120	11000	0	0	0	0	0	0	0
Laboratório	1	30	460	500	0	0	0	0	0	0	14.400
Cozinha	1	30	460	2000	6.380	6.000	2.500	6.633	4.600	1.875	0
Refeitório	2	60	1.840	2000	0	0	0	0	0	0	0
Sala dos professores	2	30	920	1000	0	0	5.000	0	0	0	0
Banheiro	2	24	800	1200	0	0	0	0	0	0	0
Secretaria	1	24	460	500	6.380	0	0	0	0	0	0
Sala da direção	1	30	460	500	0	0	0	0	0	0	0
Biblioteca	1	30	460	500	0	0	0	0	0	0	0
Pátio / Espaço coberto	1	30	460	500	0	0	0	0	0	0	0
Potência Total			16.440	19.700	12.760	6.000	7.500	6.633	4.600	1.875	14.400
CARGA INSTALADA POR GRUPOS DE CARGA (VA)			36.140		53.768						
DEMANDA TOTAL (VA)			89.908								
DEMANDA TOTAL COM FATOR DE DEMANDA (VA)			50.954								

Fonte: Autoria própria.

A partir do valor final da carga, já ajustada pelo fator de demanda da Escola Itinerante Vagner Lopes, é possível estabelecer a demanda a ser solicitada à concessionária de energia, servindo esse valor como referência para o enquadramento e o dimensionamento do ponto de entrega.

#### 4.2.1 Definição do padrão de entrada

A Escola Itinerante Vagner Lopes está localizada no município de Quedas do Iguaçu, sendo atendida pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), responsável pelo fornecimento de energia elétrica na região. A partir do valor final da carga demandada, a concessionária disponibiliza tabelas que relacionam faixas de potência com os tipos de fornecimento possíveis (monofásico, bifásico ou trifásico). Com base nessa carga calculada, torna-se possível identificar em qual faixa a escola se enquadra e, assim, definir o tipo de fornecimento mais adequado.

Esse procedimento é importante não apenas para o projeto da Escola Itinerante Vagner Lopes, mas também como referência para outras unidades escolares ou edificações em contextos semelhantes, uma vez conhecida a carga de demanda, o projetista pode consultar as tabelas da concessionária local e selecionar o tipo de atendimento compatível, garantindo que o ponto de entrega de energia esteja dimensionado para atender de forma segura e confiável às necessidades do usuário.

Com base na carga de demanda obtida para a Escola Itinerante Vagner Lopes, foi possível verificar em qual faixa de atendimento em baixa tensão a unidade se enquadra segundo os critérios da COPEL. A análise desse enquadramento, detalhada no Anexo B, indica que a escola se classifica na Categoria 43, correspondente a uma demanda máxima de 57 kVA, atendida em sistema trifásico (T), com disjuntor geral de 125 A. Esse enquadramento estabelece também os parâmetros obrigatórios para o dimensionamento do ramal de entrada, incluindo:

- Condutores multiplexados de entrada: 25 mm<sup>2</sup> (cobre)
- Condutores do ramal em eletroduto (PVC 70°C): 35 mm<sup>2</sup> por fase

- Condutor de proteção (PE): 16 mm<sup>2</sup> (cobre)
- Eletrodo de aterramento: haste de aço cobreado Ø 5/8"
- Poste padrão: capacidade mínima de 200 daN a 200 mm do topo

Essas especificações garantem que tanto o ponto de entrega quanto o ramal de entrada estejam dimensionados para suportar a demanda elétrica estimada, atendendo simultaneamente às exigências da COPEL e às recomendações da NBR 5410 para instalações de baixa tensão. Dessa forma, o padrão de entrada adotado é tecnicamente adequado à realidade de funcionamento da escola itinerante e assegura o fornecimento contínuo e seguro de energia para o conjunto dos circuitos projetados.

#### 4.2.2 Quadro de carga bloco 1 e bloco 2

Com o procedimento descrito na Seção 3, foram elaborados os quadros de carga dos dois blocos da escola. A Tabela 2 apresenta o resultado para o Bloco 1, indicando, para cada circuito, a potência total em VA, a tensão de alimentação, a corrente de projeto, a seção dos condutores adotada e a respectiva queda de tensão percentual ao longo do trecho. Os circuitos foram organizados por tipo de uso (iluminação, TUG e TUE), de modo a facilitar a leitura e a futura manutenção da instalação.

Observa-se que, para os circuitos de iluminação e de tomadas de uso geral, a seção de 2,5 mm<sup>2</sup> foi suficiente para atender simultaneamente à capacidade de condução de corrente e aos limites de queda de tensão, permanecendo os valores de  $\Delta V$  abaixo do limite estabelecido em norma. Nos circuitos de tomadas de uso específico, como a TUE 5, que concentra maior potência (equipamentos de 14 400 VA), foi necessária a adoção de condutor de 10 mm<sup>2</sup>, o que resulta em correntes mais bem distribuídas e em quedas de tensão compatíveis com o comprimento do circuito.

Esses quadros de carga constituem a base para o dimensionamento dos dispositivos de proteção apresentados na seção seguinte, além de evidenciarem que a reorganização proposta garante níveis adequados de queda de tensão e uma distribuição mais equilibrada das cargas na instalação.

**Tabela 2 – Quadro de carga do Bloco 1**

Circuito	Potência (VA)	Tensão (V)	Corrente Projeto (A)	Bitola Fio (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$ %
Iluminação Ambiente 1 - 3	1840	127	8,36	2,5	3,85
Iluminação Ambiente 4 - 7	1840	127	8,36	2,5	3,74
Iluminação Ambiente 8 - 9	920	127	4,18	2,5	3,31
Iluminação Ambiente 10 - 11	920	127	4,18	2,5	3,64
Iluminação Ambiente 12	400	127	1,82	2,5	1,25
Iluminação Ambiente 13 - 15	1380	127	6,27	2,5	3,29
Iluminação Ambiente 16 - 18	1.380	127	6,27	2,5	3,36
Tomadas TUGs 1 - 7	4000	220	10,49	2,5	3,31
Tomadas TUGs 8 - 11 e 13	2500	220	6,56	2,5	3,36
Tomadas TUGs 12	600	220	1,57	2,5	0,52
Tomadas TUGs 14 - 18	2500	220	6,56	2,5	1,85
Tomada TUE 5	14400	220	37,79	10,0	2,46
Tomada TUE 6	6380	220	16,74	2,5	1,41

Fonte: Autoria própria.

De forma análoga, o quadro de carga do Bloco 2, apresentado na Tabela 3, reúne as mesmas informações para os circuitos desse setor da escola, listando ambientes atendidos, potência total, corrente de projeto, seção dos condutores e queda de tensão correspondente. A partir desses dados, torna-se possível comparar a distribuição de potência e de correntes entre os dois blocos, avaliar o equilíbrio da instalação como um todo e verificar se o dimensionamento adotado no Bloco 2 se mantém coerente com os critérios estabelecidos.

**Tabela 3** - Quadro de carga do Bloco 2

Circuito	Potência (VA)	Tensão (V)	Corrente Projeto (A)	Bitola Fio (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$ %
Iluminação Ambiente 19 - 20	1380	127	6,27	2,5	2,67
Iluminação Ambiente 21 - 24	1780	127	8,09	2,5	3,62
Iluminação Ambiente 25 - 27	1380	127	6,27	2,5	3,85
Iluminação Ambiente 28 - 29	920	127	4,18	2,5	3,64
Tomadas TUGs 19 - 20, 22 - 25	5000	220	13,12	2,5	3,70
Tomadas TUGs 26 - 29	2000	220	5,24	2,5	2,30
Tomada TUG 21	600	220	1,57	2,5	0,16
Tomada TUE Ar Cozinha	6380	220	16,74	2,5	1,22
Tomada TUE Ar Freezer	6000	220	15,74	2,5	1,15
Tomada TUE Torneira Elétrica	6633	220	17,40	2,5	1,27
Tomada TUE Forno Elétrico	6633	220	17,40	2,5	1,27
Tomada TUE Micro-ondas sala 20	5000	220	13,12	2,5	3,61

Fonte: Autoria própria.

O conjunto de informações apresentado nas tabelas serve de base para a definição final da distribuição dos circuitos e para a escolha dos dispositivos de proteção deste setor da escola, como disjuntores termomagnéticos, dispositivos diferenciais residuais e proteção contra surtos. A partir desses dados, é possível verificar se cada circuito está adequadamente setorizado, se as correntes de projeto são compatíveis com as capacidades de condução dos condutores e se a coordenação entre cabos e proteções foi respeitada. Além disso, observa-se que os valores de queda de tensão calculados se mantêm dentro dos limites admissíveis estabelecidos pelas normas técnicas, indicando que os condutores escolhidos são adequados para o atendimento das cargas previstas,

sem prejuízo significativo ao desempenho da instalação, ao funcionamento dos equipamentos e ao conforto dos usuários.

#### 4.2.3 Quadro de carga e disjuntor de proteção

Para o Bloco 1, o dimensionamento dos circuitos foi organizado de forma a reunir, em um único quadro, as principais informações de projeto. A Tabela 4 sintetiza os resultados para esse bloco, apresentando, para cada circuito, os ambientes atendidos, a corrente de projeto, a corrente corrigida em função do agrupamento, a seção dos condutores e o disjuntor de proteção adotado. Também são indicados o fator de agrupamento considerado e a fase, ou combinação de fases, atribuída a cada circuito, o que permite visualizar tanto o impacto do número de circuitos por eletroduto sobre a corrente admissível dos condutores quanto o equilíbrio da distribuição das cargas no sistema trifásico.

**Tabela 4 – Dimensionamento dos condutores e disjuntores Bloco 1**

Circuito	Descrição	Corrente Projeto (A)	Corrente Corrigida (A)	Disjuntor (A)	Bitola Fio (mm <sup>2</sup> )	Cond uite	Fator de Grupamento	Fase
1	Iluminação Ambiente 1 - 3	8,36	14,00	10	2,5	1	3	A
2	Iluminação Ambiente 4 - 7	8,36	14,00	10	2,5	1	3	B
3	Iluminação Ambiente 8 - 9	4,18	14,00	10	2,5	1	3	C
4	Iluminação Ambiente 10 - 11	4,18	13,00	10	2,5	2	4	A
5	Iluminação Ambiente 12	1,82	13,00	6	2,5	2	4	B
6	Iluminação Ambiente 13 - 15	6,27	13,00	10	2,5	2	4	C
7	Iluminação Ambiente 16 - 18	6,27	13,00	10	2,5	2	4	A
8	Tomadas TUGs 1 - 7	10,49	20,00	16	2,5	3	1	A - B
9	Tomadas TUGs 8 - 11 e 13	6,56	14,00	10	2,5	4	3	B - C
10	Tomadas TUG 12	1,57	14,00	6	2,5	4	3	C - A
11	Tomadas TUGs 14 - 18	6,56	14,00	10	2,5	4	3	A - B
12	Tomada TUE 5	37,79	46,00	40	6,0	5	1	B - C
13	Tomada TUE 6	16,74	20,00	20	2,5	6	1	C - A

Fonte: Autoria própria.

No caso do Bloco 2, foi adotado o mesmo procedimento de dimensionamento, de modo a garantir critérios homogêneos para toda a instalação. A Tabela 5 reúne os resultados obtidos para os circuitos desse setor da escola, com a mesma estrutura de dados, como os ambientes atendidos, correntes de projeto e corrigida, seções dos condutores, disjuntores de proteção, fator de agrupamento e fases atribuídas. Essa organização facilita a comparação entre os blocos, evidenciando como as diferenças de carga e de extensão dos circuitos se refletem nas escolhas de cabos e dispositivos de proteção.

**Tabela 5 – Dimensionamento dos condutores e disjuntores Bloco 2**

Circuito	Descrição	Corrente Projeto (A)	Corrente Corrigida (A)	Disjuntor (A)	Bitola Fio (mm <sup>2</sup> )	Cond uite	Fator de Grupamento	Fase
14	Iluminação Ambiente 19 - 20	6,27	20,00	10	2,5	7	1	A
15	Iluminação Ambiente 21 - 24	8,09	14,00	10	2,5	8	3	B
16	Iluminação Ambiente 25 - 27	6,27	14,00	10	2,5	8	3	C
17	Iluminação Ambiente 28 - 29	4,18	14,00	6	2,5	8	3	A
18	Tomadas TUGs 19 - 20, 22 - 25	13,12	18,90	16	4,0	9	3	A - B
19	Tomadas TUGs 26 - 29	5,24	14,00	10	2,5	9	3	B - C
20	Tomada TUG 21	1,57	20,00	6	2,5	10	1	C - A
21	Tomada TUE Ar Cozinha	16,74	20,00	20	2,5	11	1	A - B
22	Tomada TUE Ar Freezer	15,74	20,00	20	2,5	12	1	B - C
23	Tomada TUE Torneira Elétrica	17,40	20,00	20	2,5	13	1	C - A
24	Tomada TUE Forno Elétrico	17,40	20,00	20	2,5	14	1	A - B
25	Tomada TUE Micro-ondas sala 20	13,12	18,90	16	4,0	9	3	B - C

Fonte: Autoria própria.

A corrente corrigida apresentada em ambas as tabelas foi obtida a partir dos valores de capacidade de condução de corrente dos cabos no Apêndice A, já considerando o método de instalação previsto para a escola e as condições de temperatura, em conformidade com a NBR 5410. Sobre esses valores, aplicou-se o fator de agrupamento de circuitos indicado no Apêndice H da norma, em função da quantidade de condutores instalados no mesmo eletroduto. Esse procedimento garante que, mesmo quando vários circuitos compartilham o mesmo caminho físico, a corrente que circula pelos cabos permanece dentro de limites seguros, evitando aquecimento excessivo, degradação do isolamento e riscos de falha ou incêndio.

Dessa forma, as Tabelas 4 e 5 não apenas organizam dados numéricos, mas sintetizam, de maneira didática, as principais decisões de projeto relacionadas ao dimensionamento de cabos e disjuntores. Ao relacionar correntes de projeto, correntes corrigidas, capacidades de condução e dispositivos de proteção, elas tornam visível como a escolha adequada desses elementos contribui para uma instalação mais segura e confiável para a comunidade escolar. Na prática, isso significa reduzir o risco de sobrecarga, aquecimento excessivo de condutores e atuação indevida de disjuntores, permitindo que os ambientes sejam utilizados com maior tranquilidade e com menor probabilidade de interrupções ou acidentes ligados ao uso da energia elétrica, especialmente em situações de maior demanda por equipamentos.

#### 4.2.4 Disjuntor geral de proteção

Para o dimensionamento do disjuntor geral do quadro de cada Bloco, considerou-se a corrente de projeto da fase mais carregada, obtida a partir da Tabela 4 e 5. Nessa tabela, as correntes dos circuitos foram distribuídas entre as fases A, B e C, e a soma de cada fase está sintetizada na Tabela 6.

Como em um alimentador trifásico cada fase corresponde a um condutor vivo sujeito à sua própria corrente, o disjuntor geral deve ser dimensionado pela maior corrente entre as fases. Assim, ao atender à fase mais carregada de cada bloco, garante-se automaticamente a proteção adequada das demais fases, que operam com correntes inferiores.

**Tabela 6 - Corrente Máxima por fase**

	Corrente Total Fase A (A)	Corrente Total Fase B (A)	Corrente Total Fase C (A)
Bloco 1	54,17	71,58	73,11
Bloco 2	76,68	89,45	59,34

Fonte: Autoria própria.

Com as correntes máximas já obtidas para cada fase dos blocos, procedeu-se ao dimensionamento dos disjuntores. A Tabela 6 mostrou que, para o Bloco 1, a maior corrente de fase é de aproximadamente 73 A (fase C), enquanto para o Bloco 2 a maior corrente de fase atinge cerca de 89 A (fase B).

Para definir a seção mínima dos condutores, utilizaram-se os valores de capacidade de condução de corrente apresentados no Apêndice A da NBR 5410, conforme os critérios já discutidos na fundamentação teórica. Admitiu-se que os alimentadores dos Blocos 1 e 2 serão instalados em eletrodutos exclusivos, sem agrupamento com outros circuitos ao longo de todo o percurso. Nessas condições, o fator de agrupamento é igual a 1, de modo que a corrente corrigida coincide com a capacidade de condução de corrente do cabo selecionado.

A partir desses pressupostos, foi possível definir as seções dos condutores de alimentação para cada bloco, resultando nos valores apresentados na Tabela 7, que sintetiza o dimensionamento final dos alimentadores do Bloco 1 e do Bloco 2.

**Tabela 7 - Dimensionamento Disjuntor Geral Bloco 1 e 2**

	Corrente Máxima (A)	Corrente Corrigida (A)	Disjuntor (A)	Bitola mm <sup>2</sup>
Bloco 1	73,11	80	80	25
Bloco 2	89,45	99	90	35

Fonte: Autoria própria.

Em ambos os casos, verifica-se que através da equação 14, a corrente de operação do Disjuntor está dentro do que a norma fala, atendendo ao critério de segurança, garantindo segurança ao ambiente.

#### 4.2.5 Escolha dos disjuntores DR e DPS

A utilização dos disjuntores, DR e DPS não apenas atende às exigências normativas, mas representa um adicional de cuidado com a segurança e a continuidade das atividades escolares. Em uma realidade em que intervenções e pequenos reparos muitas vezes são feitos sem acompanhamento técnico especializado, contar com dispositivos de proteção corretamente dimensionados torna-se decisivo para minimizar riscos de acidentes, queima de equipamentos e interrupções no uso dos espaços pela comunidade escolar.

Considerando a corrente de demanda obtida para cada bloco, verificou-se que o Bloco 1 apresenta corrente máxima de 73,11 A, enquanto o Bloco 2 atinge 89,45 A. Dessa forma, definiu-se que os DR associados a cada bloco devem possuir corrente nominal igual ou superior a esses valores e tensão nominal compatível com o sistema de alimentação trifásico da escola, mantendo-se a sensibilidade de 30 mA para a proteção de pessoas.

Em relação aos dispositivos de proteção contra surtos, para os circuitos de iluminação foram adotados DPS com tensão máxima de operação contínua na faixa de 127 V, enquanto para os circuitos de tomadas TUG e TUE foram especificados DPS dimensionados para 220 V, de modo a proteger adequadamente as cargas ligadas entre fase e fase.

#### 4.3 DESENHO TÉCNICO DA PLANTA ELÉTRICA

No Anexo A apresenta-se a planta baixa elétrica elaborada para a Escola Itinerante Vagner Lopes, através do software Woka Plantas Elétricas (WOKA, 2025). O desenho reúne, para cada bloco, a localização dos pontos de iluminação, das tomadas de uso geral (TUG) e de uso específico (TUE), bem como a posição dos quadros de distribuição e o traçado geral dos eletrodutos. Essa planta sintetiza as decisões de projeto tomadas a partir do levantamento de cargas, da análise do uso pedagógico dos ambientes e dos critérios normativos adotados, permitindo visualizar de forma integrada como a escola passará a ser alimentada eletricamente.

A iluminação foi mantida com pontos centrais no teto, privilegiando um desenho mais limpo e de fácil compreensão, o que facilita futuras intervenções e manutenções. Em relação às tomadas, houve uma reorganização em comparação à instalação original, redistribuindo os pontos ao longo das paredes de forma mais próxima às áreas efetivamente utilizadas pelos estudantes, professores e funcionários, reduzindo a necessidade de extensões improvisadas e o risco associado a essas práticas.

A disposição dos pontos na planta foi pensada de modo compatível com a divisão dos circuitos, a separação entre iluminação, TUG e TUE, a limitação do número de pontos por circuito e a racionalização dos comprimentos de fiação. Dessa forma, o desenho da planta baixa não apenas ilustra a solução proposta, mas evidencia como a reestruturação elétrica contribui para uma instalação mais segura, funcional e adaptada à rotina de uma escola itinerante, oferecendo condições mais adequadas de uso dos espaços para a comunidade escolar.

#### 4.4 ESTIMATIVA DE CUSTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

A partir do projeto elétrico proposto, foi realizada uma estimativa de custos com o objetivo de verificar a viabilidade de implementação da adequação da instalação da escola itinerante. Essa estimativa contempla os principais materiais elétricos como os condutores, eletrodutos, disjuntores e os dispositivos de proteção.

O primeiro passo consistiu no levantamento de quantitativos a partir do projeto. Para cada circuito foram identificados o tipo de condutor, a seção, o trajeto e o comprimento aproximado. Os comprimentos foram obtidos por meio da ferramenta google maps somando-se os trechos de cada circuito.

Para os condutores, o comprimento total foi calculado considerando o número de condutores por circuito e acrescentando-se uma margem de segurança para sobras, emendas e ajustes em campo. De forma análoga o mesmo procedimento para os eletrodutos, disjuntores e demais componentes necessários à implementação do projeto, organizados na Tabela 8 e Tabela 9.

**Tabela 8 – Previsão de Custo Bloco 1**

Descrição	Disjuntor	Fio Fase (m)	Fio Neutro (m)	Fio Retorno (m)	Fio Terra (m)	Bitola Fio (mm)	Custo por circuito (R\$)
Iluminação Ambiente 1 - 3	10	30	30	10	0	2,5	328
Iluminação Ambiente 4 - 7	10	100	100	40	0	2,5	562
Iluminação Ambiente 8 - 9	10	90	90	20	0	2,5	522
Iluminação Ambiente 10 - 11	10	100	100	20	0	2,5	522
Iluminação Ambiente 12	6	60	60	10	0	2,5	482
Iluminação Ambiente 13 - 15	10	80	80	30	0	2,5	562
Iluminação Ambiente 16 - 18	10	80	80	30	0	2,5	562
Tomadas TUGs 1 - 7	16	200	0	0	100	2,5	750
Tomadas TUGs 8 - 11 e 13	10	250	0	0	150	2,5	1060
Tomadas TUG 12	6	150	0	0	75	2,5	658
Tomadas TUGs 14 - 18	10	200	0	0	60	2,5	725
Tomada TUE 5	40	100	0	0	100	10	1968
Tomada TUE 6	20	30	0	0	20	2,5	300
Eletroduto Rígido PVC Anti Chamas 3/4 - 200 m	-	-	-	-	-	-	2700
<b>Custo Total</b>							<b>11701</b>

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 9 – Previsão de Custo Bloco 2**

Descrição	Disjuntor	Fio Fase (m)	Fio Neutro (m)	Fio Retorno (m)	Fio Terra (m)	Bitola Fio (mm)	Valor (R\$)
Iluminação Ambiente 19 - 20	10	30	30	20	0	2,5	437
Iluminação Ambiente 21 - 24	10	50	50	30	0	2,5	437
Iluminação Ambiente 25 - 27	10	60	60	30	0	2,5	591
Iluminação Ambiente 28 - 29	6	80	80	20	0	2,5	591
Tomadas TUGs 19 - 20, 22 - 25	16	150	0	0	120	2,5	618
Tomadas TUGs 26 - 29	10	200	0	0	150	2,5	824
Tomada TUG 21	6	40	0	0	20	2,5	258
Tomada TUE Ar Cozinha	20	30	0	0	12	2,5	258
Tomada TUE Ar Freezer	20	30	0	0	12	2,5	258
Tomada TUE Torneira Elétrica	20	30	0	0	12	2,5	258
Tomada TUE Forno Elétrico	20	30	0	0	12	2,5	258
Tomada TUE Micro-ondas sala 20	16	160	0	0	100	2,5	618
Eletroduto Rígido PVC Antichamas 3/4 - 250 m	-	-	-	-	-	-	3500
<b>Custo Total</b>							<b>8906</b>

Fonte: Autoria própria.

Os valores apresentados nas Tabelas 8 e 9 constituem a base para a estimativa de custos da readequação elétrica da Escola Itinerante Vagner Lopes. O custo por circuito, por sua vez, evidencia o valor de implementação de cada circuito, considerando tanto o disjuntor correspondente quanto a fiação total prevista para sua execução.

A partir desses dados, foi possível atribuir preços unitários aos materiais, obtidos em fornecedores regionais e em comércios especializados, e estimar o custo total dos principais itens da instalação, incluindo condutores, eletrodutos, dispositivos de proteção e demais componentes necessários à adequação proposta.

#### 4.5 ORIENTAÇÕES PARA SUSTENTAÇÃO E EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES

A elaboração do projeto elétrico para a Escola Itinerante não deve ser entendida como uma ação isolada, mas como ponto de partida para um conjunto de iniciativas de médio e longo prazo. A metodologia desenvolvida pode ser replicada e aperfeiçoada em outras escolas do campo, contribuindo para a construção de um programa contínuo das instalações elétricas em ambientes educacionais.

A universidade é fundamental neste processo, cabe à instituição estimular projetos de extensão voltados à adequação elétrica de escolas, articulando professores, estudantes e a comunidade escolar. Essa ação pode ocorrer por meio de programas de bolsas, componentes curriculares de prática de projeto, estágios supervisionados e Trabalhos de Conclusão de Curso alinhados às demandas das escolas rurais e itinerantes. Dessa forma, o campus deixa de ser apenas espaço de formação teórica e passa a atuar como parceiro técnico das comunidades.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo geral diagnosticar as condições da instalação elétrica da Escola Itinerante Vagner Lopes e propor um projeto de readequação em conformidade com as normas técnicas, contribuindo para um ambiente escolar mais seguro e adequado ao ensino. Partiu-se do entendimento de que a escola itinerante é um espaço de luta pelo direito à educação no campo, o que reforça a importância de garantir uma infraestrutura elétrica mínima para o funcionamento das atividades escolares.

Quanto ao diagnóstico da situação existente, foi possível constatar que a instalação elétrica havia sido construída de forma provisória e sem projeto formal, com uso de extensões, emendas improvisadas, ausência de quadro de distribuição, falta de dispositivos de proteção e sem a devida separação dos circuitos elétricos. Este cenário evidencia que a escola operava fora das condições mínimas de segurança.

Sendo assim, o trabalho cumpriu o objetivo de elaborar um projeto de readequação elétrica para a escola. Foram levantadas as cargas existentes e futuras, calculada a demanda e definido um novo projeto elétrico. O projeto propõe a setorização dos circuitos, a adequação das proteções e a padronização da instalação segundo a NBR 5410 e as normas da concessionária, permitindo uma distribuição mais equilibrada das cargas, maior segurança e principalmente garantindo melhores condições de ensino.

O objetivo de estimar os custos e discutir a viabilidade de implementação também foi contemplado. A partir do quantitativo de materiais e dispositivos de proteção, chegou-se a um valor aproximado de investimento que mostra que a proposta pode ser executada integralmente ou por etapas, conforme as condições financeiras da escola e da comunidade. Dessa forma, o trabalho não se limita a um exercício acadêmico, mas oferece uma base concreta para que a readequação da instalação elétrica possa, de fato, ser colocada em prática.

Em síntese, os objetivos propostos foram alcançados, caracterizou-se o contexto da escola itinerante, diagnosticou-se a situação elétrica atual, elaborou-se um projeto de reestruturação em conformidade com as normas e avaliou-se sua viabilidade. Com isso, o estudo contribui para o debate sobre infraestrutura elétrica em escolas do campo e indica caminhos técnicos para tornar o direito à educação mais seguro e mais digno nesses espaços.

## 5.1 PRINCIPAIS RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES

Do ponto de vista numérico, o estudo permitiu organizar em valores concretos aquilo que, na prática, se traduzia em ligações provisórias, uso de extensões e risco de sobrecarga na instalação. A partir do levantamento das cargas por ambiente, do cálculo da demanda, da divisão em blocos e circuitos e da verificação das quedas de tensão e das correntes nos condutores e disjuntores, foi possível dimensionar de forma clara o porte da instalação elétrica da Escola Itinerante Vagner Lopes. Nesse processo, a carga instalada foi estimada em aproximadamente 89,9 kVA e, após a aplicação de fatores de demanda adequados ao contexto escolar, chegou-se a uma demanda final em torno de 51 kVA, valor que orienta tanto o padrão de atendimento junto à concessionária quanto a organização interna da instalação.

Mais importante do que o valor numérico em si foi o caminho adotado para chegar a essa demanda. O caminho adotado, para o levantamento das salas e de seus usos, identificação dos tipos de equipamentos, estimativa das potências e aplicação de fatores de demanda, pode ser replicado em outras escolas itinerantes e escolas do campo com características semelhantes. Mesmo por pessoas com pouca familiaridade com projetos elétricos podem, a partir desse roteiro, organizar suas informações de maneira simples, em quantidade de ambientes, quantidade de tomadas e pontos de iluminação, presença de ar-condicionado, computadores e chegar a uma estimativa de demanda mais segura do que o uso de extensões e improvisos, ainda muito comuns nesses contextos.

A estimativa de custos, que apontou um investimento da ordem de R\$20.607,00 para execução integral do projeto, também reforça esse caráter de referência. Ela delimita, em termos reais, o esforço financeiro necessário para a readequação da instalação e pode servir de base comparativa para outras escolas de assentamentos que desejem melhorar sua infraestrutura elétrica, seja buscando apoio do serviço público, de universidades ou de organizações parceiras. Dessa forma, os resultados quantitativos deste trabalho não se restringem à realidade de uma única escola, mas se colocam como ponto de partida para iniciativas semelhantes em outras comunidades do campo.

### 5.3 PERSPECTIVA DE CONTINUIDADE E TRABALHOS FUTUROS

A partir deste estudo, surgem diferentes possibilidades de continuidade. Em primeiro lugar, a própria implementação do projeto elétrico na Escola Itinerante Vagner Lopes, com acompanhamento técnico da universidade e da comunidade, surge como continuidade deste trabalho. A execução dos quadros, dos circuitos e do padrão de entrada permitirá validar, na prática, os cálculos realizados, monitorar a ocorrência de quedas de energia, avaliar a redução de improvisos e verificar o impacto das melhorias sobre o uso de ar-condicionados, computadores, projetores e demais equipamentos pedagógicos.

Em segundo lugar, o método adotado pode ser replicado em outras escolas itinerantes. A universidade pode assumir papel de parceira técnica, transformando trabalhos de conclusão de curso, projetos de extensão e estágios em ações sistemáticas de avaliação e readequação de instalações elétricas em ambientes educacionais. Essa continuidade ajudaria a reduzir desigualdades de infraestrutura entre escolas urbanas e escolas do campo, contribuindo para o direito à educação em condições mais seguras e dignas.

## REFERÊNCIAS

MST. **Escola itinerante do MST: história, projeto e experiência**. Curitiba: SEED, 2008. 86 p. (Coleção Cadernos da Escola Itinerante, Ano 3, n. 1, Abril de 2008).

SAPELLI, Marlene Lucia Siebert. **Escola do campo – espaço de disputa e de contradição: análise da proposta pedagógica das escolas itinerantes do Paraná e do Colégio Imperatriz Dona Leopoldina**. 2013. 448 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SAPELLI, Marlene Lucia Siebert. **Escola itinerante: uma história ocultada, forjada no contexto da luta de classes no Paraná**. Revista HISTEDBR On-line, Campinas, v. 15, n. 61, p. 333-354, jul. 2015.

MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA (MST). **Quem somos**. Disponível em: <https://mst.org.br/quem-somos>. Acesso em: 28 nov. 2025.

SILVEIRA, Dahiane Inocência. **Um olhar para a Agroecologia e a Educação Ambiental no Ensino de Ciências na Escola Itinerante do MST**. 2020. 164 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

ALGEBAIL, L.; SILVA, C.; VIVEIROS, E. **Eletrificação e condições de realização da escola no Brasil**. Barcelona: Universidade de Barcelona, 2019.

COSTA, F. R.; ROCHA, M. B. **Elaboração de projeto elétrico de instalações em baixa tensão e luminotécnico: estudo de caso para a Escola Estadual Professora Helenise Walmira Dias Santos**. Macapá: Universidade Federal do Amapá, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica).

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2016.

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à análise de circuitos**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

ABRACOPEL – Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade. **Relatório anual de estatísticas de acidentes de origem elétrica no Brasil – 2023**. Curitiba, 2023. Disponível em: <https://www.abracopel.org>. Acesso em: (27/11/2025).

ENEL GRIDS BRASIL. Especificação técnica n. 2454 (MAT-PMCB-EeA-2024-2454-EDBR): **luminária LED para iluminação pública** (PM-Br 600.51). [S.l.]: Enel, 2025.

COPEL DISTRIBUIÇÃO S.A. **Fornecimento em tensão secundária de distribuição: NTC 901100**. Curitiba, 2016.

EDP SÃO PAULO. **Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição – unidade consumidora individual**. Padrão técnico PT.DT.PDN.03.14.020, versão 06. São Paulo, 2022.

WOKA. Woka Plantas Elétricas – **ferramenta para elaboração de projetos elétricos**. Disponível em: <<https://woka.com.br>>. Acesso em: 08 dez .2025.

PETRY, Clovis Antonio. **Projeto de instalações elétricas**. Florianópolis: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2021.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Potência média de aparelhos residenciais e comerciais**. ND-5.1. Belo Horizonte, 2018.

PRYSMIAN CABOS E SISTEMAS DO BRASIL S.A. **Guia de dimensionamento de cabos para baixa tensão: de acordo com a NBR 5410**. Versão 9. Sorocaba, 2020.

GOOGLE. **Google Maps: serviço de mapas on-line**. Disponível em: <<https://www.google.com/maps>>. Acesso em: nov. 2025.

**APÊNDICES**

**APÊNDICE A - PLANTA ELÉTRICA ESCOLA ITINERANTE VAGNER LOPES**



## ANEXOS

## ANEXO A – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE NBR 5410

## 5.3. CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÈRES, PARA OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA A1, A2, B1, B2, C E D.

## Superastic, Superastic Flex, Sintenax, Sintenax Flex e Afumex Green

Condutores: cobre e alumínio • Isolação de PVC ou LSHF/A • Temperatura no condutor: 70 °C • Temperatura ambiente: 30 °C (ao ar), 20 °C (solo)

Tabela 7 - Capacidade de condução de corrente conforme tabela 36 da NBR 5410:2004

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1.000	767	679	698	618	1.012	906	827	738	1.125	996	792	652

## ANEXO B – TABELA DIMENSIONAMENTO PADRÃO DE ENTRADA COPEL

9.2 Tabela 2 – Ref. Item 4.3

TABELA DE DIMENSIONAMENTO																	
Categoria	Demanda Máxima (KVA)	Disjuntor Proteção Geral (A)	Número de Fases	Número de Fios	Medidores	RAMAL DE LIGAÇÃO MULTIPLEXADO		RAMAL DE ENTRADA						ATERRAMENTO (condutor nu ou encapado)		POSTE	
								Embutido Cobre F e N (mm²) Maneira "B1" de instalar		Subterrâneo Cobre (mm²) F e N Maneira "D" de instalar		Eletroduto $\phi$ nominal					
						Cobre (mm²)	Alumínio (mm²)	Isolação PVC (70 °C)	EPR ou XLPE (90 °C)	Isolação PVC (70 °C)	EPR ou XLPE (90 °C)	(mm)	(pol)	Condutor de Cobre (mm²)	Eletroduto PVC $\phi$ nominal	Carga a 200 mm do topo do poste (daN)	
12	6	50	1	2	M	10	16	10	10	10	10	32	1	10	19	75	
14	8	63	1	2	M	10	16	16	10	16	10	32	1	16	19	75	
19	10	50	1	3	M3	10	16	10	10	10	10	32	1	10	19	75	
22	15	70	1	3	M3	10	25	25	16	25	16	32	1	16	19	100	
25	25	100	1	3	M3	16	35	35	25	35	25	40	1 1/4	16	19	200	
28	11	50	2	3	B	10	16	10	10	10	10	32	1	10	19	75	
29	14	63	2	3	B	10	16	16	10	16	16	32	1	16	19	75	
36	19	50	3	4	T	10	16	10	10	10	10	32	1	10	19	75	
37	24	63	3	4	T	16	16	16	10	16	16	32	1	16	19	75	
38	30	80	3	4	T	16	25	25	16	25	16	40	1 1/4	16	19	200	
41	38	100	3	4	T	16	25	35	25	35	25	40	1 1/4	16	19	200	
42	48	125	3	4	T	25	35	50	35	50	50	60	2	25	25	200	
43	57	150	3	4	T	35	50	70	50	70	70	60	2	35	25	300	
44	67	175	3	4	T	50	70	95	70	95	70	75	2 1/2	50	25	300	
45	76	200	3	4	T	50	70	95	70	* Nota 11	95	75	2 1/2	50	25	300	
46	37	150	1	3	T	35	50	70	50	70	70	60	2	35	25	300	
47	44	175	1	3	T	50	70	95	70	95	70	75	2 1/2	50	25	300	
48	50	200	1	3	T	50	70	95	95	* Nota 11	95	75	2 1/2	50	25	300	

 <b>COPEL</b> Distribuição	 PABIANA
<b>SCD / DMED</b> Emissão: Novembro / 1982	<b>NTC</b> Revisão: Abril / 2016
<b>FORNECIMENTO EM TENSÃO SECUNDÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO</b>	

## ANEXO C – FATOR DE DEMANDA HÉLIO CREDER

**Tabela 3.20** Fatores de demanda para cargas de iluminação e pequenos aparelhos\*

<b>Tipo de carga</b>	<b>Potência instalada (VA)</b>	<b>Fator de demanda (%)</b>	<b>Carga mínima (kVA/m<sup>2</sup>)</b>
Residências (casas e apartamentos)	Até 1 000	80	30 e nunca inferior a 2 200 VA
	De 1 000 a 2 000	75	
	De 2 000 a 3 000	65	
	De 3 000 a 4 000	60	
	De 4 000 a 5 000	50	
	De 5 000 a 6 000	45	
	De 6 000 a 7 000	40	
	De 7 000 a 8 000	35	
	De 8 000 a 9 000	30	
	De 9 000 a 10 000	27	
	Acima de 10 000	24	
Auditórios, salões de exposição, salas de vídeos e semelhantes		80	15
Bancos, postos de serviço público e semelhantes		80	50
Barbearias, salões de beleza e semelhantes		80	20
Clubes e semelhantes		80	20
Escolas e semelhantes	Até 12 000	80	30
	Acima de 12 000	50	

## ANEXO D – FATOR DE DEMANDA EDP

**Tabela 006. Carga mínima e fatores de demanda – tomadas e iluminação (Instalações Especiais)**

Descrição	Carga mín. (W/m <sup>2</sup> )	Fator de demanda
Auditório, salões para exposições e semelhantes	10	1,00
Bancos, lojas e semelhantes	30	1,00
Barbearias, salões de beleza e semelhantes	30	1,00
Clubes e semelhantes	20	1,00
Escolas e semelhantes	30	1,00 para os primeiros 12 kW. 0,50 para o que exceder a 12 kW.
Escritório (edifícios)	30	1,00 para os primeiros 20 kW. 0,70 para o que exceder a 20 kW.
Garagens comerciais e semelhantes	05	1,00
Hospitais e semelhantes	20	0,40 para os primeiros 50 kW. 0,20 para o que exceder a 50 kW.
Hotéis e semelhantes	20	0,50 para os primeiros 20 kW. 0,40 para o que exceder a 20 kW.
Igrejas e semelhantes	10	1,00
Indústrias	Conforme declarado pelo futuro cliente	1,00
Restaurantes e semelhantes	20	1,00

## ANEXO E – POTÊNCIA MÉDIA EQUIPAMENTOS ELETRICOS, CEMIG



### POTÊNCIA MÉDIA DE APARELHOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS

APARELHO	POTÊNCIA (W)
Aquecedor de água por acumulação até 80 L	1500
Aquecedor de água por acumulação de 100 a 150 L	2500
Aquecedor de água por acumulação de 200 a 400 L	4000
Aquecedor de água por tampa	6000
Aquecedor de ambiente	1000
Aspirador de pó residencial	600
Assadeira grande	1000
Assadeira pequena	500
Banheira de hidromassagem	6600
Batedeira de bolo	100
Bomba d'água 1/4 CV monofásica	390
Bomba d'água 1/3 CV monofásica	520
Bomba d'água 1/2 CV trifásica	570
Bomba d'água 3/4 CV trifásica	820
Bomba d'água 1 CV monofásica	1100
Cafeteira elétrica pequena uso doméstico	600
Cafeteira elétrica uso comercial	1200
Chuveiro elétrico 127V	4400
Chuveiro elétrico 220V	6000
Chuveiro 4 estações	6500
Conjunto de som	100
Ebulidor	1000
Enceradeira residencial	300
Espremedor de frutas	200
Exaustor	150
Ferro elétrico automático de passar roupa	1000
Ferro elétrico simples de passar roupa	500
Fogão comum com acendedor	90
Fogão elétrico de 4 bocas potência por cada queimador	1500
Fogão elétrico de 6 bocas potência por cada queimador médio	2100
Fogão elétrico de 6 bocas potência por cada queimador grande	2700
Forno de microondas	750
Forno elétrico de embutir	4500
Freezer vertical Pequeno	300
Freezer horizontal médio	400
Freezer Horizontal Grande	500
Geladeira Comum	250
Geladeira Duplex	300



Distribuição S.A.

**POTÊNCIA MÉDIA DE APARELHOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS**

APARELHO	POTÊNCIA (W)
Grill	1200
Impressora comum	90
Impressora laser	900
Liquidificador doméstico	200
Lâmpada Incandescente de 15W	15
Lâmpada Incandescente de 20W	20
Lâmpada Incandescente de 25W	25
Lâmpada Incandescente de 40W	40
Lâmpada Incandescente de 60W	60
Lâmpada Incandescente de 100W	100
Lâmpada Incandescente de 150W	150
Lâmpada Incandescente de 200W	200
Lâmpada Incandescente de 250W	250
Lâmpada Fluorescente de 20W	20
Lâmpada Fluorescente de 40W	40
Máquina de lavar louças	1500
Máquina de lavar roupas com aquecimento	1000
Máquina de secar roupas	3500
Máquina para costurar	100
Máquina de lavar pratos	1200
Máquina de lavar roupas	1500
Máquina de xerox grande	2000
Máquina de xerox pequena	1500
Micro computador	250
Micro forno elétrico	1000
Panela elétrica	1200
Raio X (dentista)	1090
Raio X (hospital)	12100
Refletor odontológico	150
Sanducheira	640
Sauna comercial	12000
Sauna residencial	4500
Scanner	50
Secador de cabelos grande	1250
Secador de cabelos pequeno	700
Secador de roupa comercial	5000
Secador de roupa residencial	1100
Televisor colorido	200
Televisor preto e branco	90
Torneira elétrica	2000



Distribuição S.A.

**POTÊNCIA MÉDIA DE APARELHOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS**

APARELHO	POTÊNCIA (W)
Vaporizador	300
Ventilador grande	250
Ventilador médio	200
Ventilador pequeno	70
Video game	10

**POTÊNCIAS NOMINAIS DE CONDICIONADORES DE AR TIPO JANELA**

CAPACIDADE		POTÊNCIA NOMINAL	
BTU/h	Kcal/h	W	VA
8.500	2.125	1.300	1.550
10.000	2.500	1.400	1.650
12.000	3.000	1.600	1.900
14.000	3.500	1.900	2.100
18.000	4.500	2.600	2.860
21.000	5.250	2.800	3.080
30.000	7.500	3.600	4.000

## ANEXO F – REATÂNCIA E INDUTÂNCIA FIO ELÉTRICO

Seção nominal (mm <sup>2</sup> )								
	s = 2.D		s = 13 cm		s = 20 cm		Rca (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)
	Rca (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)	Rca (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)	Rca (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)		
1,5	14,50	0,19	14,50	0,42	14,50	0,45	14,50	0,12
2,5	8,87	0,19	8,87	0,40	8,87	0,44	8,87	0,12
4	5,52	0,18	5,52	0,39	5,52	0,42	5,52	0,11
6	3,69	0,17	3,69	0,37	3,69	0,40	3,69	0,10
10	2,19	0,17	2,19	0,36	2,19	0,39	2,19	0,10
16	1,38	0,17	1,38	0,34	1,38	0,37	1,38	0,10
25	0,87	0,17	0,87	0,32	0,87	0,35	0,87	0,10
35	0,63	0,16	0,63	0,31	0,63	0,34	0,63	0,09
50	0,46	0,16	0,46	0,30	0,46	0,33	0,46	0,09
70	0,32	0,16	0,32	0,29	0,32	0,32	0,32	0,09
95	0,23	0,16	0,23	0,27	0,23	0,30	0,23	0,09
120	0,18	0,16	0,18	0,26	0,18	0,30	0,19	0,09
150	0,15	0,16	0,15	0,26	0,15	0,29	0,15	0,09
185	0,12	0,16	0,12	0,25	0,12	0,28	0,12	0,09
240	0,09	0,16	0,09	0,24	0,09	0,27	0,10	0,09

Valores válidos para todos os tipos de instalação, exceto quando instalados em conduto metálico fechado ferromagnético.

## ANEXO G – FATOR DE CORREÇÃO

**Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única**

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

**NOTAS**

- 1 Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.
- 2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.
- 3 O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se
  - à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou
  - à quantidade de cabos multipolares
 que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).
- 4 Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada:
  - na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e
  - na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.
- 5 Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quanto de N/3 circuitos com três condutores carregados.
- 6 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.