SISTEMA DE SEGURANÇA EM TUBULAÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO VRV (VOLUME DE REFRIGERANTE VARIÁVEL)

SECURITY SYSTEM IN VRV (VARIABLE REFRIGERANT VOLUME) AIR CONDITIONING PIPING

Marco Aurélio Pereira Lemes[1], Leonardo Lopes de Oliveira[2], Roberto Blanco Lorenzo[3]

[1]Unisanta -Universidade Santa Cecília - Programa de Pós-Graduação em Engenharia mecânica – PPGEMec - Stricto Sensu, Santos-SP, Brasil
[2]SENAI – Escola e faculdade Senai de Santos
[3]Universidade Cruzeiro do Sul, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Elétrica

E-mail para contato: marco_lemes2@hotmail.com / marco.lemes@grupocesari.com.br

RESUMO – Este trabalho desenvolve um sistema automatizado de válvulas GBC para climatização VRV, melhorando controle e eficiência. As válvulas GBC gerenciam o fluxo de refrigerante, isolando evaporadoras conforme demanda. A automação substitui o acionamento manual, otimizando a manutenção, reduzindo vazamentos em O-rings e agilizando a detecção de falhas. A solução diminui custos operacionais e impactos ambientais (aquecimento global e camada de ozônio).

Palavras-chave: Automação; Sistemas de climatização VRV; Válvula Solenoide; Impactos ambientais, Manutenção

ABSTRACT — This work presents an automated system using GBC valves for VRV air conditioning applications, enhancing control and system efficiency. The GBC valves manage the refrigerant flow by isolating evaporators as needed. The automation replaces manual operation, optimizing maintenance processes, reducing seal ring leaks, and accelerating fault detection. The proposed solution decreases operational costs and mitigates environmental impacts, such as global warming and ozone layer depletion.

Keywords: Automation; VRV Air Conditioning Systems; Solenoid Valve; Environmental Impact; Maintenance.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Sistemas VRV de climatização

O avanço da tecnologia e a crescente demanda por sistemas de climatização mais eficientes e sustentáveis têm impulsionado o desenvolvimento de soluções inovadoras para o controle térmico em ambientes residenciais, comerciais e industriais. Dentre essas soluções, destaca-se o sistema de climatização VRV (*Variable Refrigerant Volume*), ou Volume de Refrigerante Variável, que vem ganhando espaço no mercado por sua flexibilidade, eficiência energética e controle preciso da temperatura ambiente (KANG et al., 2022).

Desenvolvido no Japão na década de 1982, o sistema VRV surgiu como uma alternativa de alto desempenho aos sistemas convencionais de expansão direta. Seu funcionamento baseia-se na variação do fluxo de gás refrigerante entre uma unidade condensadora externa e múltiplas unidades evaporadoras internas, adaptando-se automaticamente à carga térmica de cada ambiente (KANG et al., 2022). Tal operação é viabilizada por compressores dotados de tecnologia inverter, que ajustam sua rotação de forma contínua, otimizando o consumo energético e promovendo maior estabilidade térmica representado pela figura 1.

Figura 1: Lançamento do primeiro modelo de ar-condicionado MULTI SPLIT comercial (VRV) pela Daikin no Japão.



Fonte: Daikin (2024)

1.2 Justificativa

A automação de válvulas solenoides automatizados utilizados em sistemas de refrigeração surge como uma alternativa estratégica, permitindo o isolamento de trechos do sistema de forma remota e segura. Essa funcionalidade é especialmente relevante em instalações complexas, nas quais a intervenção manual pode ser demorada, insegura ou de difícil acesso. A integração de válvulas solenoides com um sistema supervisório baseado em CLP (Controlador Lógico Programável), aliado a possibilidade de sensores de detecção de vazamentos de gás refrigerante, representa um avanço significativo no que diz respeito à confiabilidade operacional, economia de tempo em manutenções preventivas ou corretivas, e à segurança do profissional técnico.

Portanto, o desenvolvimento de um sistema automatizado de controle para válvulas solenoides em sistemas VRV não apenas agrega valor tecnológico às instalações, mas também contribui para a modernização das práticas de manutenção e gestão da climatização, alinhando-se às exigências atuais de eficiência, sustentabilidade e segurança.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver e implementar um sistema de automação para válvulas solenoides em um sistema de climatização do tipo VRV, com o objetivo de otimizar o controle, a segurança e a eficiência operacional do fluxo de refrigerante, por meio da utilização de válvulas solenoides integrados a um CLP programado, possibilitando o acionamento remoto e o monitoramento em tempo real.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudar os princípios de funcionamento e as vantagens técnicas dos sistemas de climatização do tipo VRV em comparação a outros sistemas, como splits convencionais e chillers;
- Analisar o papel das válvulas solenoides no controle do fluxo de refrigerante em sistemas VRV e identificar limitações operacionais no controle

manual dessas válvulas;

- Projetar uma solução de automação utilizando válvulas solenoides acopladas às válvulas GBC, com acionamento por CLP programado via software CLIC02;
- Desenvolver um painel de controle com interface homem-máquina (IHM) para operação local e remota das válvulas e visualização do estado do sistema em tempo real;
- Avaliar a eficiência e os benefícios operacionais do sistema automatizado, como a redução do tempo de intervenção técnica, segurança do profissional e confiabilidade do sistema de climatização.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o CLP WEG CLIC-02, que possui comunicação via protocolo Modbus RTU, permitindo a integração com sistemas supervisórios para leitura e escrita de variáveis digitais e analógicas. Sua flexibilidade e baixo custo o tornam ideal para aplicações de pequeno porte em automação industrial demonstrado pela figura 2.

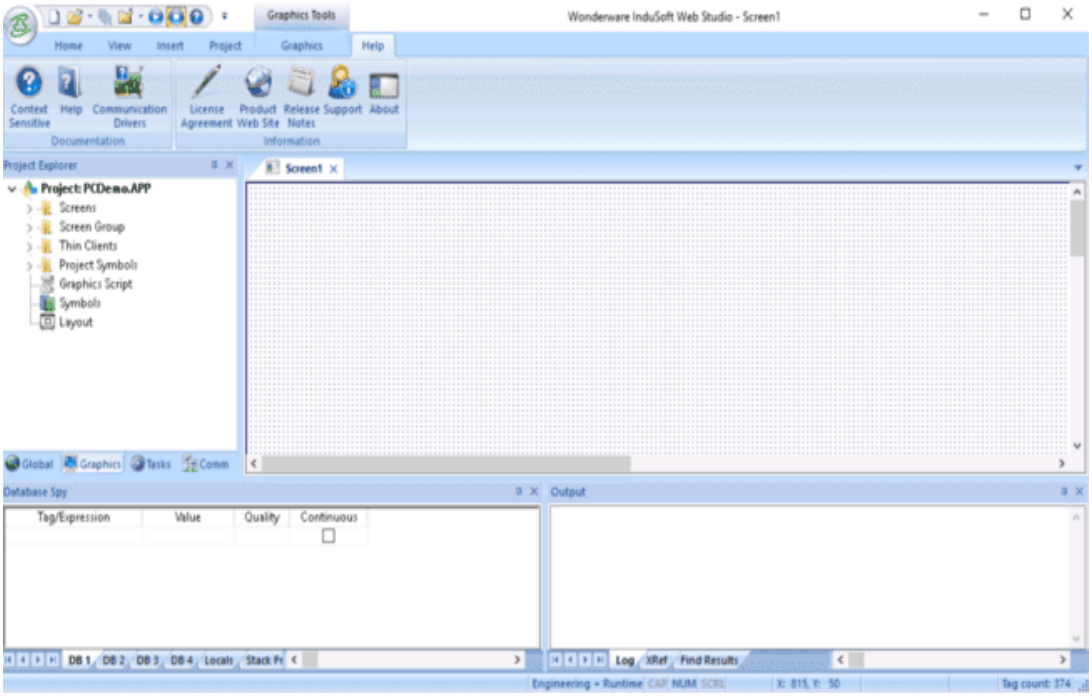
Figura 2: CLPs 01 e 02 de comando do sistema "Safety Pipes", conectados em rede Modbus RTU no modo mestre-escravo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O sistema supervisório SCADA monitora e controla processos industriais em tempo real, com dados apresentados ao operador por telas sinóticas. A Interface Homem-Máquina (IHM) é essencial para converter dados técnicos em informações acessíveis, favorecendo decisões seguras e eficientes (SOARES, 2010). No projeto de automação de válvulas solenoides em sistemas VRF, a IHM, desenvolvida no software Indusoft, permite atuação remota e segura. Essa interface registra e analisa dados, contribuindo para otimizações futuras. A tela de programação do Indusoft é demonstrada na Figura 3.

Figura 3: Tela do Indusoft para elaboração do sinótico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Manutenção em Sistemas de Climatização do Tipo VRV

Considerando que o sistema de climatização VRV é um sistema central de ar condicionado e todas as unidades internas são conectadas a uma ou algumas unidades externas , todo o fluído refrigerante circula em todos os equipamentos , dessa forma considerando que os equipamentos podem chegar a ter até 1000mts ou 1 km de tubulação frigorifica na soma de seus ramos e tubulações principais , encontrar

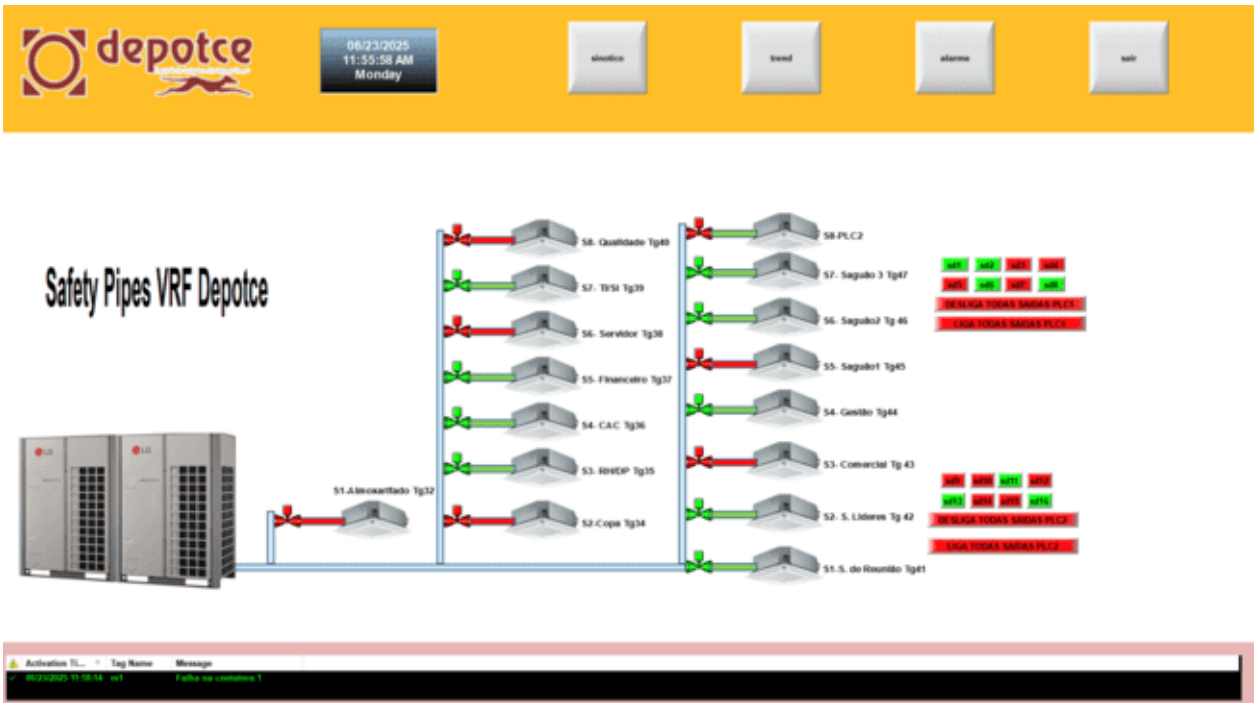
vazamentos pode ser uma missão muito complexa e podendo levar dias para ser realizado, dado que os detectores de vazamentos são muito precisos ao ar livre, quando usados para investigar vazamentos em entreforros sem ventilação o equipamento pode saturar e ficar inutilizados porque as partículas do fluído não dispersão e deixam o aparelho confuso.

Operacionalmente um grande vazamento de fluído refrigerante é um dos problemas que podem causar uma pane geral no sistema, pane sinalizada por códigos de erros e alarmes de alerta, dessa forma tornando o equipamento completamente inutilizado por longos períodos até que se encontre o vazamento, caso o vazamento persistir por muito tempo e o equipamento pode entrar em vácuo, e a pressão externa ficar maior do que a interna da tubulação, então teremos uma adição de oxigênio na linha frigorifica tendo um ganho de umidade no sistema sendo necessário encontrar e sanar o vazamento, deparando-se com essa situação precisamos seguir com o procedimento de vácuo total do sistema e não apenas no trecho comprometido além de que, segundo Skrzyniowska (2014) a umidade no refrigerante causa diretamente a formação de ácidos, levando à corrosão de metais, deposição de cobre danos químicos no isolamento de compressores herméticos e outros materiais do sistema

O vazamento de fluído refrigerante em sistemas como esse pode gerar grandes problemas tanto operacional como ambiental, já que fluídos refrigerantes agridem a camada de ozônio ou o aquecimento global.

Segundo Ul-Haq et al. (2016), a liberação de gases refrigerantes como CFCs, HCFCs e HFCs na atmosfera — mesmo em pequenas quantidades — contribui significativamente para a destruição da camada de ozônio (ODP) e para o aquecimento global (GWP), reforçando a necessidade de práticas adequadas de manejo, recuperação e destruição desses fluidos. A figura 04 demonstra o sinótico com o acionamento das válvulas solenoides na aplicação real.

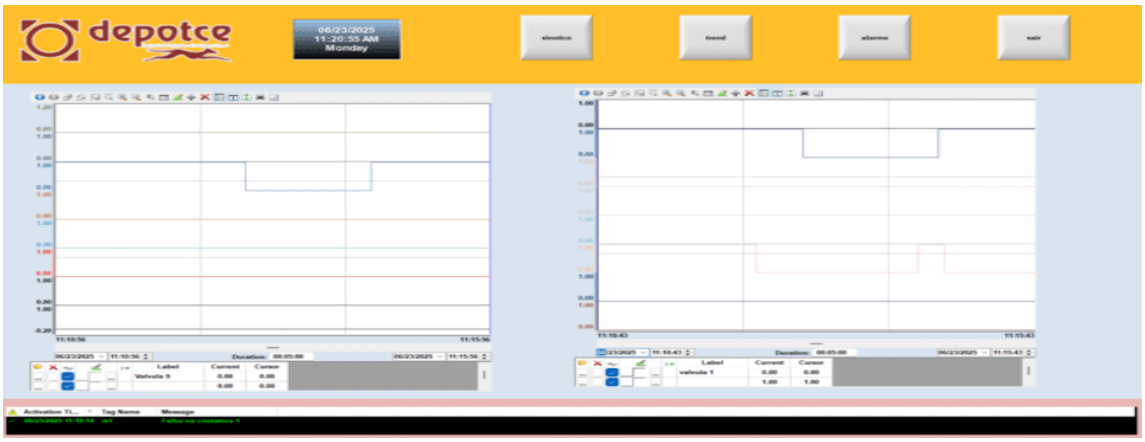
Figura 4: Acionamento dos solenoides instalas nas tubulações frigorificas do sistema VRV



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A figura 05 demonstra o histórico do acionamento das válvulas solenoides na aplicação real.

Figura 5: Trend histórico dos solenoides instalas nas tubulações frigorificas do sistema VRV



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

3.2 – Painéis de controle

O painel de automação é um dos principais componentes físicos de sistemas automatizados, servindo como ponto central para abrigar os dispositivos responsáveis pela operação, proteção e controle do processo. Em projetos de automação de válvulas Solenoides em sistemas VRF, o painel de automação desempenha papel estratégico, integrando controladores lógicos programáveis (CLPs), fontes de alimentação, disjuntores, relés de proteção, entre outros dispositivos o painel é demonstrado pela figura 6, e arquitetura do sistema está demonstrado na figura 7 e o esquema de ligação em ladder das válvulas solenoides está demonstrado na figura 8.

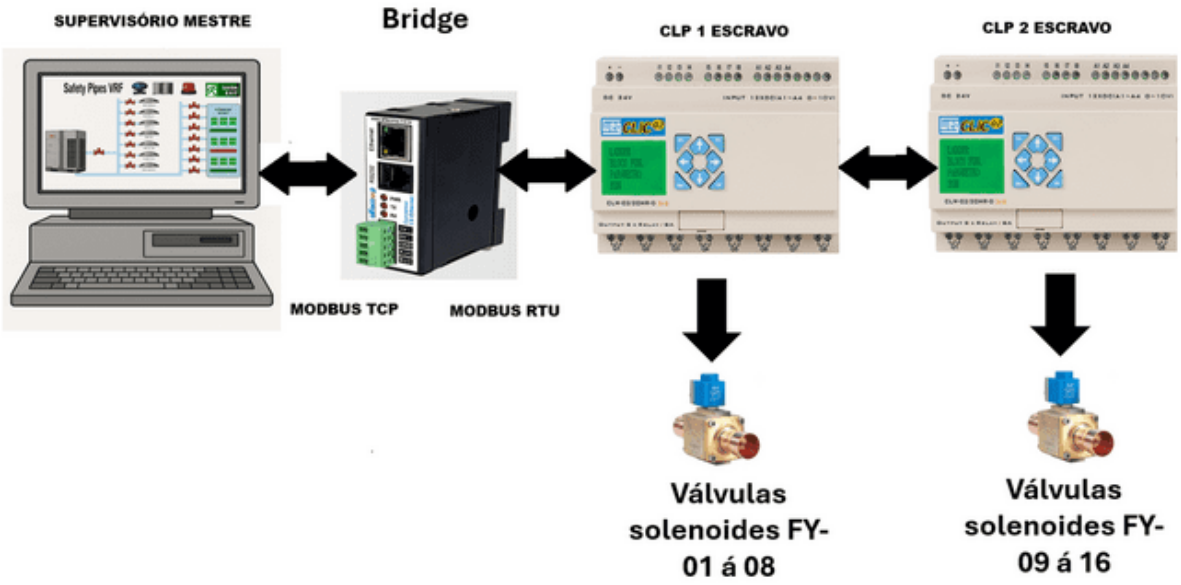
Após as configurações e testes de comunicação dos dispositivos de automação, as equipes de Elétrica e Automação realizaram a montagem e instalação definitiva do painel, que contém os seguintes dispositivos: 1 disjuntor termomagnético 16A curva B (Steck), 1 fonte de alimentação 24Vdc–10A (Weg), 2 CLPs Clic02 (Weg), 16 contatores de comando 24Vdc (Schneider), 1 controlador de temperatura Z31E (Coel) e 1 bridge RS485 (Alfacomp).

Figura 6: Painel dos CLP's e Bridge



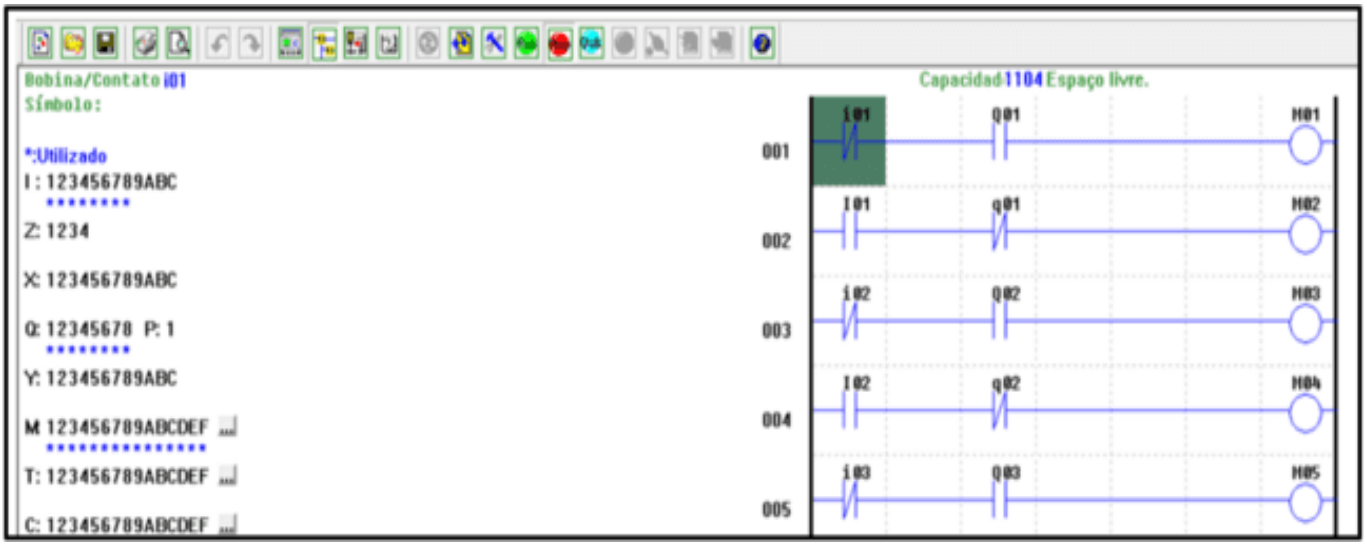
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Figura 7: Representação do Sistema de automação safety pipes



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Figura 8: Diagrama ladder do acionamento dos solenoides pelo CLP 02



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4 CONCLUSÃO

Conclui-se então que com um CLP de baixo custo viabilizou o desenvolvimento de um sistema de segurança de alta confiabilidade para um sistema de climatização central, foi possível realizar ensaios de fechamento de válvulas e consequente seccionamento das derivações das tubulações do sistema se tornou muito mais viável automaticamente do que fazer o mesmo processo com as válvulas GBC manuais a ponto de o tempo de execução dessa manobra ser muito mais morosa na forma manual. Também se espera não se deparar com problemas de vazamento de O-ring com passar do tempo o que normalmente acontece em sistemas manuais de abertura e fechamento do circuito. Em simulação detectar um vazamento de nitrogênio foi muito mais eficiente fechando todas as válvulas e abrindo sequencialmente até o manômetro começar a indicar alteração, dessa forma espera-se poder atuar com muito mais buscando minimizar o deposito de fluidos refrigerantes na atmosfera. Ao aproveitar uma licença do indusoft foi possível implementar o projeto sem impactos financeiros e técnicos, visto o produto já ser de domínio da equipe de automação, bem como a linguagem ladder nativa do CLP Clic02, criando assim uma interface amigável de controle, fazendo com que operadores orientados e autorizados consigam atuar de forma eficiente no processo. Os autores agradecem ao Grupo CESARI, à Faculdade SENAI de Santos, à Universidade Cruzeiro do Sul, à UNISANTA e a todos os colaboradores e membros do corpo docente. Para estudos futuros, propõe-se a inclusão de sensores adicionais para monitoramento em tempo real de vazamentos, temperatura e pressão. Essa integração permitirá uma atuação mais precisa, além de possibilitar o uso futuro de algoritmos inteligentes para diagnóstico e resposta automática a falhas.

5 Referências

DAIKIN. *VRV 6*. São Paulo: Daikin Brasil, 2024. Disponível em: https://www.daikin.com.br/produto/vrv-6. Acesso em: 20 jun. 2025.

DOSSAT, Roy J. *Princípios de refrigeração*. Houston: John Wiley & Sons, Inc., 2001.

KANG, Jing et al. Estudo do método de resposta à demanda de edifícios com base no controle do setpoint de temperatura interna do ar condicionado VRV. *Edifícios*, v. 12, n. 4, p. 415, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12040415.

SKRZYNIOWSKA, Dorota. Presença de contaminantes no refrigerante e seu efeito no ciclo de refrigeração. *Jornal de Energia e Engenharia de Energia*, v. 8, p. 226–231, 2014.

SOARES, Flávio. *IHM – Interface homem-máquina em automação industrial*. São Paulo: Editora Érica, 2010.

UL-HAQ, Z. et al. Quantificação de emissões de refrigerantes CFCs, HCFCs e HFCs na megacidade de Lahore (Paquistão) e ODPs e GWPs contribuídos. [S.l.], 2016. DOI: [inserir DOI do artigo, se disponível].

WEG. *Manual do usuário – CLIC-02*. Jaraguá do Sul: WEG Equipamentos Elétricos S.A., 2021. Disponível em: https://www.weg.net. Acesso em: 20 jun. 2025.