

**INSTITUTO FEDERAL SUL-RIO-GRANDENSE
CAMPUS PELOTAS VISCONDE DA GRAÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO**

Ramon da Silva Dias

**ENSINO DE FÍSICA E TERMOGRAFIA: UMA INVESTIGAÇÃO FUNDAMENTADA
NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL**

Pelotas
2024

Ramon da Silva Dias

**Ensino de Física e Termografia: uma investigação fundamentada na
perspectiva histórico-cultural**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação do Instituto Federal Sul-rio-grandense como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologias na Educação.

Orientador: Prof. Dr. Maykon Gonçalves Müller
Coorientador: Prof. Dr. Nelson Luiz Reyes Marques

Pelotas

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D541s Dias, Ramon da Silva

Termografia e Física: uma investigação fundamentada na perspectiva histórico-cultural / Ramon da Silva Dias. – 2024.

66 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias na Educação, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Maykon Gonçalves Müller.

Co-orientação: Prof. Dr. Nelson Luiz Reyes Marques.

1. Física - ensino. 2. Termografia. 3. Educação Profissional e Tecnológica. 4. Sequência didática. I. Müller, Maycon Gonçalves (orient.). II. Marques, Nelson Luiz Reyes (co-orient.). III. Título.

CDU: 37.02:53

Catalogação na fonte elaborada pelo Bibliotecário

Emerson da Rosa Rodrigues CRB 10/2100

Câmpus Pelotas Visconde da Graça

Ramon da Silva Dias

Ensino de Física e termografia: uma investigação fundamentada na perspectiva histórico-cultural

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 16/12/2024, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Luiz Marcelo Darroz
UPF

Prof. Dr. Josemar Alves
UFSM

Prof. Dr. Cristiano da Silva Buss
IFSUL / PPGCITED

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologias na Educação.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Dr. Maykon Gonçalves Müller
Orientador

Pelotas, 2024.

À minha filha, Antonella Cassana
Dias, que me ensina o sentido do
amor todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Venho de expressar minha gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Primeiramente, a minha esposa Francine Ferreira Cassana, que sempre me incentivou a persistir em busca do conhecimento e buscar o uma Pós-Graduação na área da Educação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação, ao Câmpus Pelotas-Visconde da Graça, aos professores e funcionários do programa, pela oportunidade concedida e pelo apoio fornecido para que eu pudesse realizar minha pesquisa e concluir esta dissertação.

Um agradecimento especial é dedicado aos meus orientadores, Maykon e Nelson, que não hesitaram em compartilhar seus conhecimentos para o desenvolvimento e conclusão da dissertação.

Aos membros da banca de qualificação, expresso minha gratidão pelas contribuições e avaliações, sendo estas fundamentais para o avanço deste trabalho.

Quero estender meu profundo agradecimento colegas que concordaram com o desafio em participar da pesquisa.

“Todo aquilo que o homem ignora, não existe para ele, por isso o universo de cada um, se resume no tamanho do seu saber.”

(Albert Einstein)

RESUMO

Durante prévia experiência como instrutor de técnicas termográficas, o pesquisador observou a grande dificuldade que os profissionais que operam as câmeras, denominados de Termografistas, têm em relacionar conceitos básicos relativos à propagação de ondas eletromagnéticas, à calorimetria e à propagação de calor com a prática da termografia. Além disso, nos treinamentos, ao qual o pesquisador participou, conceitos eram abordados de forma muito superficial, ocasionando dificuldades na aplicação correta da técnica por parte dos profissionais, bem como equívocos na identificação de anomalias térmicas e na interpretação dos termogramas. Nesse sentido, as lacunas de conhecimento que os profissionais egressos de cursos técnicos apresentam no momento da utilização das técnicas termográficas podem ser mitigadas se os conceitos físicos relacionados, fossem abordados durante os treinamentos corporativos envolvendo as técnicas termográficas. Amparamos teoricamente o presente estudo na perspectiva Histórico-Cultural de Vygotsky, em específico no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, a partir da relação entre a formação de conceitos científicos e as ferramentas psicológicas. À vista disso, o objetivo geral desta pesquisa compreende o desenvolvimento, a implementação e a análise de uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica. Para tal, planejamos uma intervenção pedagógica (Damiani et al., 2013) organizada a partir dos Três Momentos Pedagógicos descritos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), sendo conduzida em um curso de formação para profissionais de uma companhia de energia elétrica que atuam na área de transmissão. A partir do relato da intervenção, e seguindo as orientações da análise qualitativa de Yin (2016), buscamos responder as seguintes questões de pesquisa: Como uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica contribui para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores de um grupo de profissionais da área de transmissão de energia elétrica? Como os profissionais percebem e respondem a uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica? Assim, ao combinar as perspectivas de Yin (2016) e Damiani (2012), a pesquisa consegue unir a profundidade da investigação qualitativa com a intencionalidade transformadora da Intervenção Pedagógica. Subsidiados pelos resultados encontrados, desenvolvemos um produto educacional, organizado como uma sequência didática, cujo público-alvo são docentes da EPT que almejam ensinar as técnicas termográficas em consonância dos conceitos físicos e de situações da prática profissional.

Palavras-chave: educação profissional e tecnológica, ensino de física, produto educacional, termografia.

ABSTRACT

During previous experience as an instructor of thermographic techniques, the researcher observed the great difficulty that professionals who operate the cameras, called Thermographers, have in relating basic concepts relating to the propagation of electromagnetic waves, calorimetry and the propagation of heat with the practice of thermography. Furthermore, in training, when which the researcher participated, concepts were approached in a very superficial way, causing difficulties in the correct application of the technique by professionals, as well as mistakes in identifying thermal anomalies and interpreting thermograms. In this sense, the knowledge gaps that professionals graduating from technical courses present when using thermographic techniques can be mitigated if the related physical concepts were addressed during corporate training involving thermographic techniques. We theoretically support the present study in Vygotsky's Historical-Cultural perspective, specifically in the development of higher psychological functions, based on the relationship between the formation of scientific concepts and psychological tools. In view of this, the general objective of this research comprises the development, implementation and analysis of a didactic sequence on physical concepts involved in thermographic practice. To this end, we planned a pedagogical intervention (Damiani et al., 2013) organized based on the Three Pedagogical Moments described by Delizoicov, Angotti and Pernambuco (2011), being conducted in a training course for professionals from electric power company that operate in the transmission area. Based on the intervention report, and following the guidelines of Yin's (2016) qualitative analysis, we sought to answer the following research questions: How does a didactic sequence on physical concepts involved in thermographic practice contribute to the development of higher psychological functions of a group of professionals around electrical energy transmission? How do professionals perceive and respond to a didactic sequence on physical concepts involved in thermographic practice? How do professionals perceive and respond to a didactic sequence on physical concepts involved in thermographic practice? Thus, by combining the perspectives of Yin (2016) and Damiani (2012), the research manages to unite the depth of qualitative investigation with the transformative intentionality of Pedagogical Intervention. Supported by the results found, we developed an educational product, organized as a didactic sequence, whose target audience is EPT teachers who aim to teach thermographic techniques in line with physical concepts and professional practice situations.

Keywords: professional and technological education, physics teaching, educational product, thermography.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Termovisor AGEMA. | 14 |
| Figura 2: Cinco fases de análise de dados qualitativos segundo Yin. | 32 |
| Figura 3: Tecnologia de vídeo conferência. | 41 |
| Figura 4: Slide sobre os avanços tecnológicos. | 42 |
| Figura 5: Ensaio Termográfico. | 43 |
| Figura 6: Corpo de prova..... | 43 |
| Figura 7: Termograma do corpo de prova..... | 44 |
| Figura 8: Exemplo de propagação de calor por convecção em transformadores de potência. | 46 |
| Figura 9: Experimento de William Herschel. | 47 |
| Figura 10: Demonstração dos ensaios termográficos. | 49 |
| Figura 11: Termograma 01 obtido pelos estudantes..... | 51 |
| Figura 12: Termograma 02 obtido pelos estudantes..... | 51 |
| Figura 13: Termograma 03 obtido pelos estudantes..... | 52 |
| Figura 14: Aula prática em subestação. | 52 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Descritores e resultados obtidos após pesquisa no Google Acadêmico..... | 20 |
| Quadro 2: Títulos, autores e descritores selecionados após pesquisa na Google Acadêmico. | 21 |
| Quadro 3: Sequência de atividades – primeiro encontro. | 38 |
| Quadro 4: Sequência de atividades – segundo encontro..... | 38 |
| Quadro 5: Sequência de atividades – terceiro encontro. | 39 |
| Quadro 6: Sequência de atividades – quarto encontro. | 39 |
| Quadro 7: Sequência de atividades – quinto encontro..... | 39 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
(CaVG) Campus Visconde da Graça
CC Conceito Científico
CE Conceito Espontâneo
CEEE Companhia Estadual de Energia Elétrica
CODEPLA Companhia Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
EPT Educação Profissional e Tecnológica
ETFPEL Escola Técnica Federal de Pelotas
IFSUL Instituto Federal Sul-rio-grandense
MEC Ministério da Educação
MCP Manutenção Corretiva Planejada
MCNP Manutenção Corretiva não Planejada
PPGCITED Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação.
PC Profissional Cursista
SATC Sociedade de Assistência aos Trabalhadores do Carvão

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PERCURSO INVESTIGATIVO..... | 14 |
| 1.1 | Trajória acadêmica e profissional do pesquisador..... | 14 |
| 1.2 | Apresentação da pesquisa | 16 |
| 2 | O ENSINO DE TERMOGRAFIA NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA | 20 |
| 3 | CONTRIBUIÇÕES DA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY | 25 |
| 4 | PERCURSO METODOLÓGICO | 28 |
| 4.1 | Enfoque da Pesquisa | 28 |
| 4.2 | Pesquisa do Tipo Intervenção Pedagógica..... | 29 |
| 4.3 | Produção e análise dos dados | 31 |
| 4.4 | Contexto da pesquisa | 32 |
| 5 | PROPOSTA PEDAGÓGICA | 34 |
| 5.1 | Metodologia de Ensino | 34 |
| 5.2 | Concepção e elaboração da sequência didática | 36 |
| 6 | RELATO E ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA ... | 40 |
| 6.1 | Relato da intervenção pedagógica | 40 |
| 6.1.1 | Relato do primeiro encontro | 40 |
| 6.1.2 | Relato do segundo encontro..... | 44 |
| 6.1.3 | Relato do terceiro encontro | 46 |
| 6.1.4 | Relato do quarto encontro | 48 |
| 6.1.5 | Relato do quinto encontro..... | 50 |
| 6.2 | Como uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica contribui para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores de um grupo de profissionais da área de transmissão de energia elétrica? | 53 |
| 6.3 | Como estudantes percebem e respondem a uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica? | 57 |
| 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS DE UM PERCURSO INVESTIGATIVO | 61 |
| | REFERÊNCIAS | 63 |
| | APÊNDICE A..... | 65 |
| | APÊNDICE B..... | 66 |
| | APÊNDICE C..... | 67 |
| | APÊNDICE D..... | 68 |

1 PERCURSO INVESTIGATIVO

1.1 Trajetória acadêmica e profissional do pesquisador

Após concluir o curso Técnico em Eletrotécnica na Escola Técnica Federal de Pelotas (ETFPEL), atualmente Campus Pelotas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), em 1996, ingressei no curso de Engenharia Elétrica da Universidade Católica de Pelotas (UCPEL). Em 1998, fui aprovado em concurso público como Técnico em Eletrotécnica na Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE).

Meu primeiro contato com a termografia ocorreu no ano de 1999, após a aquisição de termovisores AGEMA 550 (Figura 1) pela CEEE¹. Tais equipamentos eram avançados tecnologicamente para a época, sendo possível armazenar termogramas, através de cartão de memória, bem como analisar e gerar relatórios. O processo de aquisição acompanhou o treinamento de operação, momento em que fui iniciado como termografista. Como estudante do treinamento, pude perceber a dificuldade que os profissionais da época tinham em manipular a câmera e, especialmente, as insciências dos conceitos científicos necessários para uma análise adequada dos termogramas.

Figura 1: Termovisor AGEMA.



Fonte: www.x20.org

Em 2002, concluí o curso de Engenharia Elétrica e, dois anos após, iniciei minhas atividades profissionais na Companhia Municipal de Planejamento e

¹ Após passar por um processo de privatização no ano de 2021, a CEEE passou administrada por uma empresa de energia privada.

Desenvolvimento Urbano (CODEPLA), ocupando o cargo de Engenheiro Eletricista no município de Criciúma/SC. Durante o período que estive em Criciúma (dois anos), também experienciei a atividade profissional docente, atuando como professor do curso de Eletrotécnica nas disciplinas de Máquinas Elétricas e Circuitos Elétricos, ofertado pela Sociedade de Assistência aos Trabalhadores do Carvão (SATC).

Após aprovação em novo concurso público, retornei à CEEE no ano de 2006 e, desde então, tenho desempenhado a função de Engenheiro Eletricista na área de Transmissão. Nesse período, tive a oportunidade de retornar à área da termografia, realizando a elaboração de especificações técnicas para aquisição de termovisores, bem como o desenvolvimento de instruções de procedimentos. Tais ações tinham como objetivo padronizar a utilização da termografia na área da transmissão de energia elétrica e, para isso, treinamentos foram desenvolvidos com os profissionais da Companhia.

Durante o ano de 2015, tive oportunidade de ser instrutor em alguns dos treinamentos oferecidos pela companhia para os profissionais que atuavam na área de manutenção de subestações e linhas de transmissão. Nessas ocasiões, novamente percebi a dificuldade que esses profissionais tinham em relacionar os conceitos físicos com as técnicas termográficas. Enquanto egresso de um curso de Educação Profissional e Tecnológica (EPT), intui que uma melhor articulação entre os conteúdos científicos com a prática profissional poderia suprir tais defasagens.

Em 2020, ingressei no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED) no Campus Pelotas – Visconde da Graça (CaVG), no IFSul, como aluno especial. Em 2022, fui desafiado a escolher o assunto que seria utilizado como proposta de produto educacional durante a seleção como aluno regular. Analisei diversos temas, procurando um que se relacionasse com minha experiência profissional, especialmente com minhas atividades de instrução e treinamento. Percebi que o ensino das técnicas termográficas e sua relação com os conceitos físicos envolvidos era expressivamente relevante, sendo a perspectiva Histórico-Cultural de Vygotsky essencial para fundamentar o desenvolvimento do produto educacional.

1.2 Apresentação da pesquisa

A Educação Profissional e Tecnológica (EPT) é uma modalidade que, entre outras características, busca alinhar a formação técnica com as demandas do mercado e a formação integral dos estudantes. No contexto da Educação no Século XXI, destacam-se, por exemplo, o desenvolvimento de capacidades relacionadas à análise, à pesquisa e à compreensão das bases tecnológicas disponibilizadas nas organizações contemporâneas (MEC, 2000).

Egressos da Educação Profissional e Tecnológica (EPT) de cursos voltados a áreas de Eletrotécnica e Eletromecânica realizam, frequentemente, atividades profissionais na área de manutenção industrial, compreendendo ações técnicas e administrativas com o objetivo de preservar o desempenho de um equipamento (ABNT, 1994; Xenos, 2004). Historicamente, as atividades de manutenção não eram sistematizadas e envolviam, via de regra, a correção de anomalias após ocorrência de falhas. A partir da segunda metade do século XX, a indústria passou a adotar uma nova metodologia, a manutenção preventiva, caracterizada pela substituição sistemática de peças ou itens em intervalos predeterminados (Otani, 2008).

Em linhas gerais, as atividades de manutenção industrial podem ser classificadas como corretiva, preventiva e preditiva. A manutenção corretiva é a ação tomada para corrigir falhas ou desempenho abaixo do esperado, sendo dividida em duas categorias: manutenção corretiva não planejada (MCNP) e manutenção corretiva planejada (MCP). A MCNP refere-se à correção de falhas de forma aleatória, ou seja, envolve corrigir paradas de produção ou desempenho inferior ao esperado. Geralmente, a MCNP está associada a altos custos, devido às perdas de produção e aos danos aos equipamentos. Por outro lado, a MCP é realizada por meio de monitoramento preditivo ou de uma decisão gerencial de aguardar até que ocorra uma falha (ABNT, 1994; Otani, 2008).

Na manutenção preventiva, a ação é realizada para mitigar falhas ou a perda de desempenho, com base em um planejamento de períodos pré-estabelecidos. Essa abordagem é comum em programações mais conservadoras, em que componentes são substituídos em intervalos menores que o necessário. Por outro lado, a manutenção preditiva consiste em um conjunto de atividades de monitoramento de variáveis, ou parâmetros, que indicam o desempenho dos equipamentos de forma

sistemática, com o objetivo de determinar a necessidade de intervenção (ABNT, 1994; Otani, 2008).

A termografia, objeto de conhecimento deste trabalho, é uma técnica de manutenção que atua na prevenção de falhas de um equipamento sem a necessidade de desligá-lo. De forma preditiva, a inspeção termográfica permite a identificação de anomalias nos equipamentos antes que ocorram defeitos, possibilitando que elas sejam corrigidas em manutenções preventivas, em intervenções programadas ou, em casos de risco, em paradas imediatas para proteger pessoas, outros equipamentos ou o sistema (Castilho, 2006). Amplamente utilizada em áreas de manutenção industrial, a termografia consiste no uso de uma câmera sensível à radiação infravermelha emitida por objetos, permitindo a mensuração à distância de temperaturas com termovisores que, posteriormente, são analisadas a partir dos termogramas obtidos (Muniz, 2014).

Durante prévia experiência como instrutor de técnicas termográficas, me deparei com a grande dificuldade que os profissionais que operam as câmeras, denominados de Termografistas, têm em relacionar conceitos básicos relativos à propagação de ondas eletromagnéticas, à calorimetria e à propagação de calor com a prática da termografia. Além disso, nos treinamentos corporativos em que participei, tais conceitos eram abordados de forma muito superficial, ocasionando dificuldades na aplicação correta da técnica por parte dos profissionais, bem como equívocos na identificação de anomalias térmicas e na interpretação dos termogramas. Ao longo da minha trajetória profissional, vivenciei situações em que profissionais realizaram interpretações equivocadas, subestimando anomalias, causando posterior falha inesperada de um equipamento elétrico, ou superestimando uma anomalia, gerando uma intervenção precoce, causando impacto financeiro e desligamento antecipado de equipamentos.

A despeito do amplo reconhecimento da termografia como técnica de manutenção industrial, esse tema foi pouco abordado no Curso Técnico de Eletrotécnica do qual sou egresso, sendo o assunto tratado de forma superficial em disciplinas curriculares. Nesse sentido, acreditamos que as lacunas de conhecimento que os profissionais egressos de cursos técnicos apresentam no momento da utilização das técnicas termográficas podem ser mitigadas se os conceitos físicos relacionados, tais como radiação eletromagnética, espectro eletromagnético, infravermelho, propagação de calor e calorimetria, entre outros, fossem abordados

durante os treinamentos corporativos envolvendo as técnicas termográficas. Tais conceitos físicos são essenciais para uma análise crítica da imagem térmica do equipamento a ser inspecionado pois, conforme já exposto, erros de interpretação por profissionais da área de manutenção são comuns e podem trazer dados equivocados na tomada de decisões sobre o funcionamento de equipamentos ou mesmo sobre a deliberação de ações para trocas ou não de componentes.

Cabe destacar que a apresentação de conceitos físicos por si só não implica na compreensão e aplicação do conhecimento por parte do profissional. É preciso que a organização de conteúdos priorize o aprendizado de forma lógica e progressiva. Entre as diversas propostas pedagógicas com tais objetivos, a sequência didática, proposta metodológica que surgiu no Brasil a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), vem sendo utilizada, em diferentes níveis de ensino e áreas do conhecimento, para ressignificar o processo de ensino e aprendizagem (Ugalde; Roweder, 2020).

Nesse contexto, a presente dissertação propõe o desenvolvimento de uma sequência didática que, fundamentada na perspectiva Histórico-Cultural Vygotsky (2001), trata de conceitos físicos subjacentes à prática profissional da termografia. Para Vygotsky (2001), os conceitos científicos são conscientes e sistematizados e geram conhecimentos, enquanto o ensino gera desenvolvimento. A educação funciona, nesse sentido, como o controle dos processos de desenvolvimento que acontecem naturalmente, sendo o bom aprendizado aquele que se adianta ao desenvolvimento. O foco do ensino sadio nunca é no conteúdo, mas nas funções que estão sendo desenvolvidas.

À vista disso, o objetivo geral desta pesquisa compreende o desenvolvimento, a implementação e a análise de uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica. Para tal, planejamos uma intervenção pedagógica (Damiani *et al.*, 2013) que foi conduzida em um curso de formação para profissionais de uma companhia de energia elétrica, que atuam na área de transmissão.

A partir do relato da intervenção, e seguindo as orientações da análise qualitativa de Yin (2016), buscamos responder as seguintes questões de pesquisa: *Como uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica contribui para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores de um grupo de profissionais da área de transmissão de energia elétrica? Como os*

profissionais percebem e respondem a uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica?

Subsidiados pelos resultados encontrados, desenvolvemos um produto educacional, organizado como uma sequência didática, cujo público-alvo são docentes da EPT que almejam ensinar as técnicas termográficas em consonância dos conceitos físicos e de situações da prática profissional. Nos próximos capítulos, apresentamos: a revisão da literatura realizada (Capítulo 2); o referencial teórico adotado (Capítulo 3); a metodologia de pesquisa delineada (Capítulo 4); a proposta didática desenvolvida (Capítulo 5); os resultados encontrados (Capítulo 6); e por fim, as considerações finais (Capítulo 7).

2 O ENSINO DE TERMOGRAFIA NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Partindo do objetivo geral desta dissertação, qual seja, desenvolver e analisar uma sequência didática que trate de conceitos físicos subjacentes às técnicas termográficas, realizamos uma revisão da literatura sobre o ensino de termografia no contexto da EPT. Em específico, tencionamos mapear produções acadêmicas que orientassem o desenvolvimento do produto educacional desta dissertação, além de problematizar o ensino das técnicas termográficas para a atuação profissional em áreas de manutenção elétrica.

Para tal, utilizamos a base de dados Google Acadêmico, sem recorte temporal, empregando 17 diferentes associações de descritores que, conforme Quadro 1, resultaram em 190 produções. Após a leitura dos títulos e resumos (quando presentes), identificamos seis títulos que traziam contribuições explícitas para os objetivos supracitados. No Quadro 2, listamos tais trabalhos e, na sequência, passamos a apresentá-los.

Quadro 1: Descritores e resultados obtidos após pesquisa no Google Acadêmico.

| Descritor | Resultados da Pesquisa | Selecionados |
|---|------------------------|--------------|
| "termografia no ensino de ciências" | Sem Resultado | - |
| "termografia no ensino de técnico" | Sem Resultado | - |
| "ensino de termografia" | Sem Resultado | - |
| "ensino de técnicas termográficas" | Sem Resultado | - |
| "ensino das técnicas termográficas" | Sem Resultado | - |
| "formação continuada em eletromecânica" | Sem Resultado | - |
| "formação continuada em eletrotécnica" | Sem Resultado | - |
| "formação continuada de eletricitistas" | Sem Resultado | - |
| "formação continuada de termografista" | Sem Resultado | - |
| "ciências no ensino técnico " | 8 | - |
| "termografia" and "ensino técnico" | 32 | 1 |
| "Educação Profissional e Tecnológica" and "termografia" | 39 | - |
| "formação de termografista" | 6 | - |
| "treinamento" and "termografista" and "manutenção" and "elétrica" | 28 | 4 |
| "termografia" and "epistemologia" | 55 | - |
| "termografia" and "física térmica" | 22 | 1 |

Fonte: o autor.

Quadro 2: Títulos, autores e descritores selecionados após pesquisa na Google Acadêmico.

| Autor/ano | Título | Descritores |
|---|---|---|
| ALMEIDA, Priscila Ribeiro Amorim de; MUNIZ, Pablo Rodrigues. 2019 | Painel Didático para Ensino-Aprendizagem de Inspeção Termográfica aplicada à Manutenção Elétrica | "termografia" and "ensino técnico" |
| MARQUES, Nelson L. R.; ARAUJO, Ives S. 2009 | Textos de apoio ao professor de física. | "termografia" and "física térmica" |
| MUNIZ, Pablo Rodrigues; MENDES, Mariana Altoé. 2019 | Termografia Infravermelha aplicada à Manutenção Elétrica: dos Fundamentos ao Diagnóstico. | "treinamento" and "termografista" and "manutenção" and "elétrica" |
| OLIVEIRA, Tiago Miguel Dias. 2011 | Análise de Sistemas de Energia e Máquinas Elétricas com recurso a termografia. | "treinamento" and "termografista" and "manutenção" and "elétrica" |
| SANTOS, Tiago Pereira dos. 2017 | O estudo do estado da arte dos procedimentos de termografia na manutenção dos sistemas elétricos. | "treinamento" and "termografista" and "manutenção" and "elétrica" |
| SILVA, Juliano Coelho da. 2020 | Avaliação dos efeitos da Termografia aplicados à Manutenção Industrial. | "treinamento" and "termografista" and "manutenção" and "elétrica" |

Fonte: o autor.

Almeida e Muniz (2019) descreveram a termografia infravermelha como uma das principais técnicas de manutenção preditiva, consistindo em medições de temperatura à distância e análise dos termogramas obtidos, sendo muito utilizada no setor elétrico, em que grande parte dos equipamentos elétricos apresentam diferenças térmicas antes de uma avaria. Os autores relataram que existem dificuldades no ensino e aprendizagem de inspeção termográfica; desta forma, desenvolveram um protótipo para ser utilizado como recurso didático para ensino aprendizagem da termografia.

O protótipo consistiu na construção de um conjunto de manobra que simulou os principais defeitos elétricos: mau contato, subdimensionamento de condutores e interrupção de condutores em paralelo. O painel didático foi utilizado em aulas piloto com estudantes de curso técnico e de curso superior da área de eletricidade. A partir do projeto do painel e das aulas piloto, foram elaborados um roteiro para as aulas práticas e um manual docente.

Apesar do trabalho de Almeida e Muniz (2019) tratar de um painel didático com objetivo do ensino das técnicas termográficas, o artigo não citou o referencial

teórico ou metodologia didática utilizada, tampouco a relação dos conceitos científicos com as técnicas termográficas, sendo esse um padrão nos demais artigos selecionados.

Marques e Araújo (2009) elaboraram o texto de apoio ao professor de Física com o objetivo de auxiliar na formação de Cursos Normais no estudo mais amplo dos fenômenos térmicos, incluindo o conceito de energia, energia interna, calor, temperatura e suas aplicações e implicações, procurando vincular os conceitos físicos com questões relacionadas à vida cotidiana. Como a compreensão dos conceitos físicos é essencial para o entendimento e a aplicação da termografia, tal produção teve contribuição significativa na construção da sequência didática.

O livro *Termografia Infravermelha aplicada à Manutenção Elétrica: dos Fundamentos ao Diagnóstico* de Muniz e Mendes (2019) apresentou, em seu primeiro capítulo, uma revisão bibliográfica a respeito dos princípios físicos e equipamentos empregados em inspeções termográficas, analisando as suas implicações, além de considerações relativas à termografia aplicada à manutenção elétrica industrial. No segundo capítulo, foram apresentados os critérios de diagnóstico de instalações elétricas por meio de inspeções termográficas, e normas técnicas para capacitação e certificação. São discutidos também os problemas relativos às incertezas de medição e ângulo de visada do termografista em relação à superfície inspecionada. O terceiro capítulo apresentou resultados de estudos e pesquisas recentes no que tange a novos métodos de inspeção e de diagnóstico em equipamento industriais a partir da termografia infravermelha e, por fim, um método de diagnóstico de problemas de conexão em cabos em paralelo.

Conforme descreveu Oliveira (2011) existe um incremento de interesse sobre os fundamentos das técnicas termográficas, impulsionada pela evolução e a crescente utilização da termografia nos mais diversos setores da indústria. O autor considerou de fundamental importância a parametrização dos fatores de influência na medição da radiação infravermelha, obtendo uma maior confiabilidade e precisão dos valores. Através da parceria entre Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e a empresa Efacec Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos SA, foi proposto o desenvolvimento de uma metodologia para aplicação das técnicas termográficas em grandes transformadores de potência. O autor descreveu o procedimento, analisou os resultados obtidos e extraiu conclusões da investigação experimental realizada com vista à calibração de uma câmara termográfica disponibilizada pela empresa, em

todos os aspectos considerados relevantes, sendo elaborado um protocolo para a inspeção termográfica. A contribuição do autor se dará na construção da sequência didática, sem contribuições com questões na didática e percurso metodológico relacionado ao ensino das técnicas termográficas.

Santos (2017) buscou, em seu estudo, embasar o leitor no universo termográfico, apresentando um histórico da termografia e os campos de atuação da técnica nas últimas décadas. Segundo o autor, a base teórica torna-se fundamental para a compreensão correta da física que envolve a termografia. Outrossim, discorreu sobre o funcionamento da câmera, os procedimentos e aspectos técnicos que englobam a atividade profissional e o uso da leitura térmica, sendo citadas normas de caráter nacional e internacional.

O autor também descreveu os benefícios proporcionados pelas inspeções termográficas, trazendo alguns casos e suas análises voltados a equipamentos do sistema elétrico. Por fim, o autor falou sobre a tendência do uso de drones, na área de manutenção, com especial atenção nas inspeções termográficas. A contribuição do TCC do autor para a pesquisa encontra-se na base teórica relacionada aos conceitos físicos e aos aspectos que envolvem a atividade profissional.

Silva (2020) abordou as principais leis da Física relacionadas a termografia, desde suas primeiras descobertas até a Física Quântica. O autor abordou o funcionamento e as características dos instrumentos utilizados na manutenção preditiva termográfica, além de ressaltar a aplicabilidade com exemplos práticos; também relatou exemplos e demonstrações dos princípios da Física, tais como a emissividade, reflexão e transmitância.

Além disso, Silva (2020) demonstrou exemplos práticos, em situações reais de campo com suas respectivas análises, expondo também a influência do meio na termografia real, como influências dos ventos, sol e equipamentos que os rodeiam, além de relatar como uma manutenção preditiva pode reduzir custos de produção. Por fim, o autor demonstrou os ganhos de produtividade com a redução das paradas não programadas, que agregam custos aos bens e serviços e resultam sempre nos ganhos de produtividade, elevando a eficiência e eficácia. O trabalho traz contribuições na construção da sequência didática, em especial na construção de experimentos que demonstraram os princípios físicos relacionados a termografia como: a emissividade, reflexão e transmitância.

Em síntese, os estudos mencionados relatam a utilização, nas últimas décadas, das técnicas termográficas tanto na indústria como nas concessionárias de energia, assim como a relação dos conceitos físicos essenciais para a sua aplicação. Cabe destacar que os trabalhos não citam o referencial teórico ou didático utilizado, tampouco a evolução dos conceitos na perspectiva vigotskiana. Nesse sentido, a contribuição dos estudos para a presente dissertação ocorreu mais para a construção teórica/técnica do produto educacional do que para as questões epistemológicas do ensino das técnicas termográficas.

3 CONTRIBUIÇÕES DA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY

Os estudos de Vygotsky (2001) tiveram como base o materialismo histórico e o materialismo dialético, ambos concebidos por Karl Marx, em que o surgimento do trabalho é o principal motor das mudanças sociais e do desenvolvimento das habilidades humanas. Procurando satisfazer suas necessidades, o homem transforma a natureza e se transforma através do trabalho (Joenk, 2002). Haja vista a amplitude da perspectiva vigotskiana, neste projeto de pesquisa, nos ancoramos, especificadamente, no processo de desenvolvimento das funções psicológicas superiores, na formação dos conceitos científicos e nas ferramentas psicológicas.

Segundo Vygotsky (2001), as funções psicológicas superiores originam-se na sociedade, sendo a conversão de relações sociais em funções mentais, sendo seu desenvolvimento caracterizado pela presença de símbolos e signos; desta forma, o desenvolvimento cognitivo origina-se através dessas interações. Assim, o indivíduo é um produto histórico, inserido em um meio social e cultural, interferindo na sua forma de observar e interagir com o mundo (Moreira, 1999).

Sendo habilidades exclusivamente humanas, as funções psicológicas superiores podem ser descritas como: memória, atenção e lembrança voluntária, memorização ativa, imaginação, capacidade de planejar, estabelecer relações, uso da linguagem, raciocínio dedutivo, pensamento abstrato, entre outras. A longo do desenvolvimento da criança, as relações mediadas evoluem e substituem as relações diretas. Desta forma, as relações do indivíduo com o mundo são essencialmente mediadas, ou seja, os processos naturais são sintetizados em funções psicológicas superiores.

Compreendendo a aprendizagem como uma construção social, histórica e cultural, os instrumentos e os signos são os elementos mediadores descritos por Vygotsky (2001). Os instrumentos são as ferramentas que controlam, modificam e amplificam ação do homem sobre a natureza, acelerando sua transformação, sendo um instrumento externo ao indivíduo. Já os signos, chamados também de ferramentas psicológicas, diferentemente das formas essencialmente perceptivas, permitem influenciar a mente, modificar o comportamento do indivíduo como o da sociedade.

Os signos são criações artificiais, são dispositivos sociais, em que estão incluídos a linguagem, técnicas mnemônicas, símbolos algébricos, esquemas,

diagramas, e todos os tipos de sinais convencionados. Objeto de estudo, a termografia e o produto da técnica, o termograma, também podem ser considerados, dentro da perspectiva vigotskiana, como novos signos. Da mesma forma que Marx concebeu o instrumento mediatizando a atividade laboral do homem, Vygotsky concebeu os signos como “instrumentos psicológicos” orientados para o próprio sujeito, para dentro do indivíduo, dirigindo-se ao controle de ações psicológicas (Joenk, 2002, p. 04).

Para Vygotsky (2001), novos conteúdos a serem ensinados devem antecipar à existência das funções psicológicas necessárias à aprendizagem, pois é por meio dessa aprendizagem que essas funções são formadas. Os signos têm, portanto, papel de mediador entre as funções psicológicas superiores e as relações sociais, quando esses signos são interiorizados, o desenvolvimento cognitivo do sujeito será aumentado. Quanto maior for a quantidade de símbolos e de signos que se consiga assimilar, mais amplo será o seu aprendizado, como demonstra o próprio autor.

Todas as funções psíquicas de grau mais elevado são processos mediados e os signos são os meios fundamentais utilizados para os dominar e orientar. O signo mediador é incorporado na sua estrutura como parte indispensável a bem dizer fulcral do processo total (Vygotsky, 2008).

Ademais, a elaboração conceitual apresenta relevância para o presente estudo, pois é uma função psicológica superior que o homem desenvolveu para pensar, analisar e generalizar os elementos da realidade, sendo esses conceitos divididos em espontâneos e científicos (Joenk, 2002). Com origem em situações do dia a dia, nas observações, manipulações e vivências, os conceitos espontâneos (CE) nascem na concretude das experiências do indivíduo e das relações sociais, tendo predominantemente uma essência intuitiva, sem necessidade de educação formal. O conceito espontâneo tem a ver com o objeto e não tem nada de abstração. O indivíduo não tem consciência nem controle do uso desse conceito (Vygotsky, 2001).

Seria um equívoco pensarmos que todo conhecimento espontâneo se transforma em conhecimento científico (CC). Alguns conhecimentos espontâneos permanecem ao longo da vida do indivíduo. O conhecimento espontâneo é aquele adquirido na vivência cotidiana, sobretudo adquirido nas relações sociais. Vygotsky (2001) propõe partir do CE para chegar ao CC. Os conceitos científicos são conscientes, verbais, sistemáticos e sistematizados. Os CC são formas superiores de generalização. Trazem consciência e controle ao processo cognitivo, onde a mente do

indivíduo não necessita concretude para alcançar a abstração dos fenômenos. A consciência faz com que os CC façam sentido para nós, indivíduos, sendo, portanto, a “porta de entrada” da abstração.

Por outro lado, a aprendizagem por cooperação torna-se mais eficiente, podendo partir da ajuda de um professor ou um colega mais experiente, sendo esse indivíduo também conhecido por parceiro mais capaz. Assim, Vygotsky (2001) definiu a ZDI - Zona de Desenvolvimento Iminente, como a distância entre o nível do desenvolvimento atual do estudante, que é definido pela capacidade de resolução de questões sem ajuda, e o nível do desenvolvimento possível, que é definido com a capacidade de resolução de problemas, pelo estudante, em colaboração com um parceiro mais capaz (Prestes, 2010). Dessa forma, novos conteúdos devem ser ensinados sem que necessariamente o indivíduo tenha as funções psicológicas necessárias à aprendizagem. Vygotsky afirma que "o único bom ensino é aquele precede o desenvolvimento" (Vygotsky, 2001).

Assim, o presente estudo propõe uma metodologia de ensino, formalizada a partir de uma sequência didática, com foco na evolução dos CC, utilizando como ponto de partida os CE, aliado a aprendizagem por cooperação. A metodologia de ensino prevê uma melhor percepção das anomalias térmicas na análise dos termogramas por parte dos profissionais e, a partir das contribuições da teoria histórico-cultural de Vygotsky, busca explorar os conceitos físicos subjacentes às técnicas termográficas.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

A pesquisa em questão fundamenta-se na abordagem de investigação qualitativa delineada por Yin (2016), que se destaca como altamente adequada para estudos que buscam explorar fenômenos reais e contextuais de maneira profunda e interpretativa. Além disso, a pesquisa é estruturada com base no modelo de Intervenção Pedagógica, conforme inicialmente proposto por Damiani (2012). Este modelo metodológico busca não apenas observar, mas também interferir intencionalmente nas práticas pedagógicas com o objetivo de transformá-las.

Assim, ao combinar as perspectivas de Yin (2016) e Damiani (2012), a pesquisa consegue unir a profundidade da investigação qualitativa com a intencionalidade transformadora da Intervenção Pedagógica. Enquanto a metodologia de Yin oferece as ferramentas necessárias para uma análise detalhada e contextualizada dos fenômenos educacionais, a Intervenção Pedagógica de Damiani fornece a estrutura para que as práticas pedagógicas sejam ativamente transformadas e melhoradas ao longo do estudo.

4.1 Enfoque da Pesquisa

A pesquisa em questão apoia-se na abordagem de investigação qualitativa proposta por Yin (2016), sendo especialmente apropriada para estudos que envolvem a análise de fenômenos reais dentro de seus contextos. Segundo Yin (2016), a pesquisa qualitativa é ideal para situações em que o objetivo é explorar eventos da vida cotidiana, caracterizando-se por interpretações contextualizadas e descritivas de tais fenômenos. Sua metodologia se destaca por ser flexível e adaptável, permitindo ao pesquisador avançar e retroceder nas etapas de análise para alcançar uma compreensão mais abrangente e confiável dos dados.

Neste estudo, o método qualitativo de Yin (2016) é utilizado para investigar os efeitos de uma Intervenção Pedagógica focada no ensino de conceitos físicos subjacentes às técnicas termográficas. A pesquisa não se limita a descrever os resultados da intervenção, mas busca compreender como o contexto específico dos participantes – profissionais de uma companhia de energia elétrica – influencia esses resultados. A metodologia de Yin (2016) valoriza a análise dos fenômenos em seus

contextos reais, permitindo uma interpretação profunda dos fatores que impactam a eficácia da intervenção pedagógica.

Ao adotar a proposta metodológica de Yin (2016), a pesquisa se beneficia de uma abordagem que permite não apenas descrever os fenômenos observados, mas também interpretar seus significados dentro de um contexto específico. Nesse sentido, oferece uma compreensão mais profunda dos efeitos da intervenção pedagógica e contribui para a formulação de recomendações futuras para o ensino das técnicas termográficas no âmbito da Educação Profissional e Tecnológica. A flexibilidade da abordagem qualitativa de Yin também possibilita que o pesquisador capture detalhes e variáveis imprevistas, enriquecendo ainda mais o entendimento do fenômeno estudado.

4.2 Pesquisa do Tipo Intervenção Pedagógica

Alinhada ao referencial teórico histórico-cultural de Vygotsky, a abordagem de pesquisa do tipo Intervenção Pedagógica caracteriza-se por interferir, mudar e inovar de forma intencional as práticas pedagógicas (Damiani, 2012). Ou seja, trata-se de uma pesquisa planejada, que busca uma aproximação entre teoria e prática profissional. A autora descreve o método de pesquisa do tipo Intervenção Pedagógica como um conjunto de interferências planejadas e implementadas, fundamentadas em um referencial teórico, com o objetivo de promover melhorias na prática pedagógica, contribuindo para avanços nos processos de ensino e aprendizagem.

Essa abordagem aplica-se especialmente em situações pedagógicas nas quais as aprendizagens se encontravam sistematicamente aquém do esperado. Pressupondo que a atividade pedagógica talvez não seja suficientemente atrativa e, considerando que, segundo Vygotsky, a resolução de problemas ocorre por meio de ferramentas culturais, a pesquisa do tipo Intervenção Pedagógica pode ser descrita como um meio de avaliar se a prática pedagógica apresenta potencial expansivo, de avanço e de aperfeiçoamento, em termos de promoção das atividades daqueles que delas participam (Damiani *et al.*, 2013).

Os componentes metodológicos da pesquisa do tipo Intervenção Pedagógica são o método de ensino, que orienta a intervenção, e o método de avaliação, que se refere à pesquisa propriamente dita. O primeiro concentra-se no planejamento e na implementação de práticas pedagógicas, com foco central na docência. Ele consiste

em um relato detalhado das estratégias adotadas, validando sua aplicação. Assim, o objetivo do relatório deve ser descrever a atuação docente, evitando tratar de aspectos diretamente relacionados à investigação e aos procedimentos de pesquisa (Damiani et al., 2013).

Nesta pesquisa, a Intervenção Pedagógica ocorreu por meio de uma sequência didática (apresentada em detalhes no capítulo 5). Embora o tema central seja o ensino das técnicas termográficas, o objetivo principal é desenvolver os conceitos físicos relacionados à termografia, partindo dos conceitos espontâneos dos estudantes.

O método de avaliação da intervenção visa verificar as repercussões da intervenção, utilizando instrumentos de coleta e análise de dados e, agora, focando na atuação do pesquisador, ressaltando o viés investigativo da pesquisa. Além disso, o método de avaliação da intervenção pode ser dividido em duas etapas: a primeira refere-se aos resultados sobre os participantes, observando as mudanças obtidas com a intervenção; a segunda avalia se os objetivos inicialmente propostos foram alcançados e os motivos pelos quais não o foram ao longo do processo (Damiani et al., 2013).

A primeira etapa consiste na descrição detalhada do método de intervenção, ou seja, do método de ensino, justificando o planejamento, a adoção e a implementação das práticas pedagógicas realizadas. O foco desta etapa está exclusivamente na atuação do agente da intervenção, ou seja, na sua função como professor.

A segunda etapa tem o objetivo de capturar os efeitos da intervenção, descrevendo e justificando os instrumentos utilizados para a coleta e análise dos dados. Nesta fase, o foco está na atuação do autor como pesquisador, evidenciando o caráter investigativo desse tipo de intervenção. Segundo os autores, para facilitar o entendimento, essa etapa é subdividida em dois elementos: os resultados relacionados ao efeito da intervenção sobre os participantes e os resultados referentes à intervenção em si (Damiani et al., 2013).

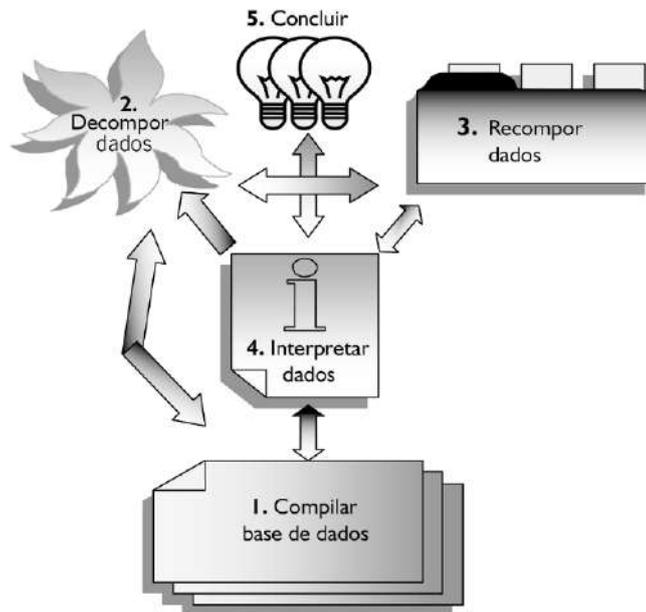
4.3 Produção e análise dos dados

Para produção dos dados que permitam alcançar os objetivos da pesquisa, utilizamos questionários e entrevista semiestruturada. Conforme Vieira (2009), os questionários são ferramentas valiosas na pesquisa qualitativa, pois permitem a coleta sistemática de informações detalhadas sobre as percepções, experiências e opiniões dos participantes. Ao utilizar perguntas abertas e flexíveis, o pesquisador pode explorar em profundidade os significados e contextos atribuídos pelos indivíduos aos fenômenos estudados. Essa abordagem facilita a obtenção de dados ricos e variados, essenciais para compreender a complexidade das interações humanas e sociais. Além disso, os questionários podem ser adaptados e aplicados em diferentes ambientes e populações, ampliando o alcance e a relevância dos resultados obtidos.

O primeiro questionário (Apêndice A) buscou avaliar o histórico acadêmico e profissional dos profissionais, bem como seus saberes e experiências relacionados com a termografia. O segundo questionário (Apêndice B) objetivou verificar os conceitos espontâneos dos profissionais sobre os fenômenos físicos. O terceiro questionário (Apêndice C) tensionou averiguar a evolução dos profissionais acerca dos conceitos científicos estudados. Por fim, foi questionado aos egressos (Apêndice D), se consideravam a didática utilizada adequada, se consideravam-se capazes de realizar inspeções termográficas e se identificaram oportunidades de melhoria para o treinamento.

Para análise de dados seguimos as orientações da Teoria Histórico-cultural e a proposta de Yin (2016), que define cinco etapas para análise de dados qualitativos. Cabe ressaltar que, embora exista uma ordem cronológica das etapas, o pesquisador pode transitar entre elas, avançando e retrocedendo para que a análise se torne mais compreensível e confiável. As etapas descritas são: compilação, desagrupamento, reagrupamento, interpretação e conclusão, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2: Cinco fases de análise de dados qualitativos segundo Yin.



Fonte: Yin (2016, p. 200).

A primeira etapa da análise de dados se caracteriza pela compilação e classificação da produção de dados. A partir de distintas fontes de indícios utilizadas ao longo da pesquisa, a compilação de dados é representada pela classificação dos dados acumulados e tem por propósito arranjar os dados de modo a otimizar e facilitar o trabalho do pesquisador. Dessa forma, o resultado da compilação pode ser considerado um banco de dados da pesquisa para futuras verificações.

Na fase de reagrupamento, os fragmentos produzidos são organizados em grupos de dados, originando categorias. As etapas de desagrupamento e reagrupamento podem ser repetidas sucessivamente, buscando categorias que atendam aos objetivos da pesquisa. Com os dados reorganizados, a etapa de interpretação inicia-se com a construção de narrativas, constituindo a parte analítica da investigação, na qual os dados podem ser apresentados em tabelas e/ou gráficos.

4.4 Contexto da pesquisa

A pesquisa descrita nesta dissertação foi realizada com um grupo de profissionais de uma companhia de energia elétrica que atuam na área de Transmissão, tendo como objetivo contribuir para o aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem dos conceitos físicos relacionados com as técnicas

termográficas entre egressos da Educação Profissional e Tecnológica. Os sujeitos da pesquisa foram nove profissionais, com idades entre 39 e 57 anos, que atuam nos Polos de Manutenção de Pelotas, Guaíba e Candiota. Entre os participantes, cinco possuíam nível superior completo e quatro possuíam formação em nível técnico.

Os Polos de Manutenção são áreas da empresa divididas geograficamente com o propósito de operar e realizar a manutenção de um número específico de subestações. Os Polos de Pelotas, Guaíba e Candiota contaram, respectivamente, com quatro, três e dois profissionais, que participaram da capacitação em termografia de forma híbrida, durante o horário normal de trabalho. As etapas teóricas, com duração total de 480 minutos, ocorreram de forma remota e síncrona apenas nos polos de Guaíba e Candiota, enquanto a etapa prática, com 240 minutos, foi realizada presencialmente (em dias distintos), no período de junho a agosto de 2024, totalizando 12 horas.

5 PROPOSTA PEDAGÓGICA

Neste capítulo, apresentamos a metodologia de ensino desenvolvida para a intervenção pedagógica. A proposta foi estruturada a partir dos Três Momentos Pedagógicos, conforme delineados por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

A sequência didática planejada visou não apenas ensinar os conceitos científicos subjacentes às técnicas termográficas, mas também integrá-los às vivências e à prática profissional dos estudantes. Em cinco encontros, divididos entre momentos teóricos e práticos, os participantes foram incentivados a relacionar o conhecimento científico com problemas reais observados em seu ambiente de trabalho. Assim, buscou-se desenvolver competências tanto técnicas quanto conceituais, utilizando a termografia como tema central para conectar os saberes prévios com novos conteúdos científicos, promovendo uma aprendizagem significativa.

Essa abordagem metodológica reflete a importância de vincular o ensino ao cotidiano dos estudantes, estimulando sua participação ativa e engajamento na formação profissional, além de favorecer a aplicação dos conhecimentos adquiridos em situações práticas, potencializando a formação crítica e reflexiva dos profissionais.

5.1 Metodologia de Ensino

A proposta de intervenção pedagógica, qual seja a sequência didática, foi organizada a partir dos Três Momentos Pedagógicos descritos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Os Três Momentos Pedagógicos representam uma metodologia de ensino que busca promover uma aprendizagem crítica, especialmente no campo das Ciências Naturais. Essa abordagem pedagógica está fundamentada na ideia de que o ensino deve estar conectado à realidade dos estudantes, estimulando a reflexão e a participação ativa no processo educacional.

No primeiro momento, denominado Problematização Inicial, o ponto de partida é a experiência e o contexto dos estudantes. O professor incentiva os estudantes a resgatarem seu ambiente, identificando situações ou fenômenos que despertam curiosidade ou que representam problemas em seu cotidiano. Essa etapa é importante para envolver os estudantes, pois ao reconhecerem a relevância dos temas em sua própria realidade, tornam-se mais motivados a aprender. Através de debates,

questionamentos e compartilhamento de vivências pessoais, os estudantes começam a levantar hipóteses e a desenvolver um olhar crítico sobre o mundo ao seu redor.

No segundo momento, chamado Organização do Conhecimento, o foco se volta para a busca, sistematização e compreensão dos conhecimentos necessários para abordar os problemas identificados. Aqui, o papel do professor é essencial como organizador do processo de ensino e de aprendizagem. Ele proporciona acesso a conceitos científicos, teorias e informações relevantes que ajudarão os estudantes a entenderem os temas em discussão. Deste modo, o professor realizou atividades variadas, como pesquisas em diferentes fontes, experimentações práticas, aulas expositivas dialogadas e trabalhos em grupo. Essa etapa possibilita que os estudantes estabeleçam conexões entre o conhecimento científico e os problemas reais, desenvolvendo habilidades de investigação e pensamento crítico (Gaspar, 2014b).

No terceiro momento, a Aplicação do Conhecimento, os estudantes são encorajados a utilizar o que aprenderam para propor soluções ou intervenções relacionadas aos problemas iniciais. Desta maneira, busca-se pela “generalização da conceituação”, isto é, a identificação e o emprego da conceituação científica envolvida, em que o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas que deve ser explorado.

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo estudante, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. Em síntese, o movimento da problematização, contido nos 3MP, pode possibilitar que os educandos se tornem críticos das próprias experiências, interpretando suas vidas, não apenas passando por elas.

Dessa forma, o uso dos Três Momentos Pedagógicos para estruturar a sequência didática destaca-se como uma estratégia eficaz para promover uma aprendizagem crítica e contextualizada. Ao integrar a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento, os estudantes não apenas conseguem internalizar conceitos científicos, mas também desenvolvem habilidades de reflexão e intervenção em sua realidade. Essa abordagem pedagógica, portanto, enriquece o processo educativo e busca contribuir para a formação de indivíduos críticos e conscientes.

5.2 Concepção e elaboração da sequência didática

A sequência didática desenvolvida envolve o ensino dos conceitos de física, atividades experimentais e exemplificação de problemas/soluções relativos à prática profissional pertinentes às técnicas termográficas. O curso ocorreu em cinco encontros, sendo quatro de forma remota (para os Polos Guaíba e Candiota) e presencial (Polo Pelotas) nas etapas teóricas. A prática ocorreu de forma presencial, sendo um encontro na Subestação Pelotas III (para os Polos Pelotas e Candiota) e outro na Subestação Camaquã (Polo Guaíba).

O desenvolvimento do conteúdo foi norteado pelos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Tais momentos se dividiram da seguinte forma: O Primeiro Momento Pedagógico (problematização inicial) foi aplicado no primeiro encontro com os profissionais. O Segundo Momento Pedagógico, (organização do conhecimento) ocorreu no segundo e no terceiro encontro, ficando os últimos dois encontros reservados ao Terceiro Momento Pedagógico (a aplicação do conhecimento). Abaixo, passamos a descrever as atividades realizadas em cada encontro.

1º Encontro: Iniciou com a aplicação de questionário (APÊNDICE A) com intuito de identificar o histórico profissional do egresso e sua relação com a vida acadêmica, em especial com o ensino de física e os conhecimentos sobre as técnicas termográficas. Após, se iniciou a aplicação do primeiro momento pedagógico, a problematização inicial, a qual ocorreu pela apresentação de breve histórico da termografia e a evolução das câmeras no final do século XX e início do século XXI, além das diversas aplicações da termografia nas diferentes áreas do conhecimento, tais como medicina, engenharias, biologia e outras. Por fim, foi disponibilizado outro questionário (APÊNDICE B), objetivando resgatar os conhecimentos espontâneos a partir da observação da imagem térmica obtida através de ensaio realizado com corpo de prova, relacionando situações vivenciadas tanto no cotidiano como também na atividade profissional com os conceitos científicos e instigando a percepção dos profissionais acerca da importância dos conceitos científicos subjacentes às técnicas termográficas.

2º Encontro: Iniciou com a discussão do segundo questionário aplicado no final do primeiro encontro, com o objetivo de identificar os conceitos espontâneos que

ainda permanecem com os egressos. Após, no segundo momento pedagógico, a organização do conhecimento, foi realizada a apresentação dos conceitos científicos necessários ao entendimento das técnicas e interpretação dos termogramas, partindo sempre dos conceitos espontâneos discutidos. A termometria foi o primeiro conteúdo desenvolvido na organização do conhecimento, sendo os seguintes tópicos apresentados: temperatura; equilíbrio térmico; escalas termométricas; medições por contato e radiometria. Ainda, foram desenvolvidos os conceitos de transmissão de calor, momento em que os seguintes tópicos foram discutidos: convecção; condução; e radiação. Estes fenômenos foram demonstrados por meio de experimento com corpo de prova e câmera térmica.

3° Encontro: Ainda na organização do conhecimento (segundo momento Pedagógico), foram discutidos os temas tratados no 2° Encontro e, após, abordados os seguintes temas, relacionados a propagação de ondas eletromagnéticas: infravermelho, experimento de Herschel e emissividade. O conceito de emissividade foi demonstrado por meio de experimento com corpo de prova e câmera térmica. Por fim, foi disponibilizado um terceiro questionário (APENDICE C), que objetivou verificar a evolução dos conceitos científicos subjacentes às técnicas termográficas, permitindo a comparação de respostas anteriores e posteriores ao segundo momento pedagógico.

4° Encontro: Iniciou com a discussão do terceiro questionário com o objetivo de verificar os conceitos tratados no terceiro encontro após, se deu o início da aplicação do conhecimento (terceiro momento pedagógico), em que foram apresentados temas relacionados aos ensaios termométricos como: escala; nível campo e amplitude; foco térmico; fatores que interferem nas medidas térmicas e; assuntos relacionados a manutenção preventiva, preditiva e análise de termogramas.

5° Encontro: Ainda na aplicação do conhecimento (terceiro momento pedagógico) foram abordados sistematicamente o conhecimento adquirido pelos participantes, visando a análise e a interpretação, tanto das situações iniciais que determinaram seu estudo, quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Nesse contexto, foi realizado uma breve discussão dos temas tratados no 4° Encontro e após, uma dinâmica, sendo que parte da turma realizou análises de termogramas em software e outra realizou a operação do termovisor. Foi proposto um quarto questionário (APÊNDICE D). O principal objetivo foi a avaliação da evolução

conceitual por parte dos estudantes vivenciadas na aplicação do conhecimento, tendo por base as situações e os conhecimentos espontâneos evidenciados na etapa inicial.

As respostas pertinentes aos questionários aplicados ocorreram de forma diagnóstica, reservando um momento de reflexão individual de cada egresso, resgatando os conceitos e conhecimentos anteriormente discutidos e, verificando a expectativa dos novos conhecimentos que foram apresentados. A síntese da proposta didática está apresentada nos Quadros 3 a 7.

Quadro 3: Sequência de atividades – primeiro encontro.

| Aula | | Tempo | Descrição |
|-------------|-------------------------|--------|---|
| 1° Encontro | Problematização inicial | 15 min | Questionário objetivando verificar histórico profissional do egresso, sua relação com a vida acadêmica em especial com o ensino de física e os conhecimentos sobre as técnicas termográficas. |
| | | 80 min | Apresentação de breve histórico da termografia e a evolução das câmeras no final do século XX e início do século XXI, além das diversas aplicações da termografia nas diferentes áreas do conhecimento, tais como medicina, engenharias, biologia e outras. |
| | | 10 min | Ensaio realizado com corpo de prova. |
| | | 15 min | Aplicação de questionário, objetivando resgatar os conhecimentos espontâneos, a partir da observação da imagem térmica obtida através de ensaio realizado com corpo de prova. |

Quadro 4: Sequência de atividades – segundo encontro.

| Aula | | Tempo | Descrição |
|-------------|-----------------------------|---------|--|
| 2° Encontro | Organização do conhecimento | 20 min | Discussão do segundo questionário. |
| | | 100 min | Exposição dialogada dos conceitos científicos necessários ao entendimento das técnicas termográficas e interpretação dos termogramas. A termometria será o primeiro conteúdo desenvolvido na organização do conhecimento, sendo os seguintes tópicos apresentados: temperatura; equilíbrio térmico; escalas termométricas; medições por contato e radiometria. Ainda, foram desenvolvidos os conceitos de transmissão de calor, abordando a convecção, condução e radiação. Foram demonstrados, com auxílio de um corpo de prova e o termovisor, os conceitos científicos abordados. |

Quadro 5: Sequência de atividades – terceiro encontro.

| Aula | | Tempo | Descrição |
|-------------|-----------------------------|---------|--|
| 3° Encontro | Organização do conhecimento | 20 min | Discussão dos temas tratados no 2° Encontro. |
| | | 100 min | Exposição dialogada dos conceitos científicos necessários ao entendimento das técnicas e interpretação dos termogramas. Foram tratados assuntos relacionados a organização do conhecimento, onde os seguintes temas relacionados a propagação de ondas eletromagnéticas serão abordados: Infravermelho, experimento de Herschel e emissividade. Foram demonstrados, com auxílio de um corpo de prova e o termovisor, os conceitos científicos abordados. Ao final do encontro, foi proposto o terceiro questionário. |

Quadro 6: Sequência de atividades – quarto encontro.

| Aula | | Tempo | Descrição |
|-------------|---------------------------|---------|--|
| 4° Encontro | Aplicação do Conhecimento | 20 min | Discussão do questionário aplicado no encontro anterior. |
| | | 100 min | Exposição dialogada de temas relacionados aos ensaios termométricos como: escala; nível, campo e amplitude; foco térmico; fatores que interferem nos ensaios; termogramas com anomalias reais de equipamentos elétricos (transformadores, para-raios, seccionadoras, disjuntores e conexões). Também foram tratados assuntos relacionados a manutenção preventiva e preditiva. |

Quadro 7: Sequência de atividades – quinto encontro.

| Aula | | Tempo | Descrição |
|-------------|---------------------------|---------|---|
| 5° Encontro | Aplicação do Conhecimento | 20 min | Discussão dos temas tratados no 4° Encontro. |
| | | 220 min | Prática: A turma foi dividida em dois grupos, sendo que parte realizou análises de termogramas em software e outra realizou a operação do termovisor. Foi proposto um quarto questionário. O principal objetivo foi a avaliação da evolução conceitual por parte dos estudantes vivenciadas na aplicação do conhecimento, tendo por base as situações e os conhecimentos espontâneos evidenciados na etapa inicial. |

6 RELATO E ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

Buscando atender os objetivos deste trabalho e responder às questões de pesquisa delineadas, realizamos um curso de formação em termografia, no período de junho a agosto de 2024, totalizando 12 horas. Conforme descritos no capítulo anterior, o curso foi organizado, respectivamente, a partir do aporte teórico e metodológico de Vygotsky (2001) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), bem como implementado seguindo as orientações de Damiani (2012).

Este capítulo compreende, inicialmente, um relato pormenorizado e fundamentado da intervenção (seção 6.1). Na sequência (seção 6.2 e 6.3), analisamos os efeitos da intervenção, respondendo as duas questões de pesquisa a partir dos dados produzidos e analisados seguindo as diretrizes de Yin (2016).

6.1 Relato da intervenção pedagógica

6.1.1 Relato do primeiro encontro

O primeiro encontro da formação, ocorrido no dia 1º de julho, iniciou com a apresentação formal do instrutor e dos nove profissionais cursistas, sendo que quatro estavam presentes, e os demais acompanhavam o treinamento de forma remota. A interação com os estudantes que se encontravam nos Polos de Manutenção de Guaíba e Candiota foi facilitada, haja vista que o espaço destinado às aulas na Coordenação de Pelotas contava com a tecnologia de vídeo conferência, conforme exposto na Figura 3.

Na sequência, com o objetivo de levantar informações sobre as experiências dos cursistas em relação ao objeto conceitual de estudo, ou seja, os saberes prévios (conceitos espontâneos) provenientes da vivência sociocultural (Vygotsky, 2001), aplicou-se o primeiro questionário por meio da plataforma Microsoft Forms. Esse questionário buscava avaliar o nível de familiaridade dos cursistas com as técnicas de termografia e compreender suas percepções sobre o tema.

Entre os respondentes, seis informaram nunca ter tido contato formal com técnicas termográficas. Desses seis, quatro possuíam formação em nível técnico, e dois eram graduados em nível superior, o que indica que a ausência de experiência

com termografia não estava restrita a um único nível de formação educacional. Apesar dessa falta de contato prévio, todos os participantes reconheceram a importância da Ciência e dos conceitos científicos, tanto na vida cotidiana quanto em suas atividades profissionais.

Ainda assim, somente três participantes afirmaram não se sentir capazes de realizar inspeções termográficas. Esse dado sugere que, mesmo sem experiência direta, alguns se sentiam confiantes em sua capacidade de aprender e aplicar novas técnicas científicas. Essa autopercepção positiva demonstrou uma abertura para o aprendizado contínuo e uma valorização do conhecimento científico como ferramenta para o desenvolvimento profissional.

Figura 3: Tecnologia de vídeo conferência.



Fonte: o autor

Após a etapa inicial, em que foram levantados e discutidos os conhecimentos apresentados pelos estudantes (espontâneos e/ou científicos), iniciou-se a apresentação de um breve histórico sobre a termografia. Foi introduzida uma visão geral de como essa técnica evoluiu ao longo do tempo, destacando seus primeiros usos e os principais marcos históricos em seu desenvolvimento.

Em seguida, foram expostas diversas aplicações da termografia, abordando como ela tem sido utilizada em diferentes áreas da Ciência e da Engenharia, bem como na manutenção preditiva de equipamentos industriais. Além disso, explorou-se a evolução das câmeras térmicas ao longo das décadas, mostrando como os avanços tecnológicos permitiram o aprimoramento da sensibilidade, precisão e acessibilidade dessas ferramentas (Figura 4).

Figura 4: Slide sobre os avanços tecnológicos.



Fonte: o autor

Ao final do encontro, foi aplicado um segundo questionário, também por meio da plataforma Microsoft Forms. Esse questionário visava, além de problematizar o uso das técnicas termográficas, identificar os conhecimentos cotidianos (ou espontâneos) dos profissionais. Para isso, os participantes foram desafiados a responder a um conjunto de questões com base na observação de uma imagem térmica obtida durante um ensaio termográfico, representado na Figura 5, realizado com um corpo de prova — uma chaleira, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 5: Ensaio Termográfico.



Fonte: o autor.

Figura 6: Corpo de prova.



Fonte: o autor.

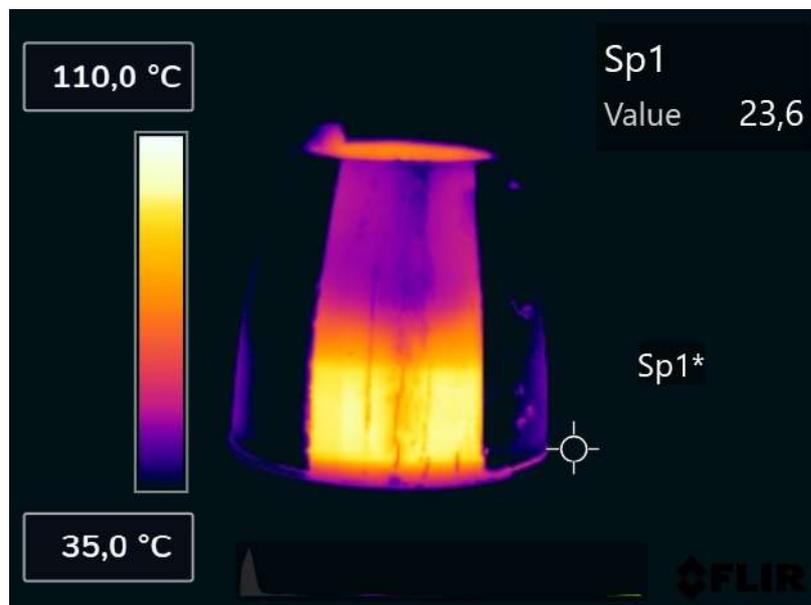
O corpo de prova foi parcialmente revestido com cores opacas, enquanto outra parte de sua superfície apresentava um alto índice de refletividade. A primeira observação esperada dos cursistas era a condução térmica, evidenciada pela transferência de calor da mão do instrutor para a alça da chaleira. A segunda observação prevista consistia na reflexão do instrutor no corpo de prova, visível na imagem térmica na parte mais reflexiva da superfície.

No questionamento sobre qual cor apresentava a maior e a menor temperatura, esperava-se que os estudantes concluíssem que não havia variação de temperatura entre as diferentes cores opacas e que, na região reflexiva, a temperatura seria menor.

Após parte do corpo de prova ser preenchido com água quente, conforme ilustrado no termograma da Figura 7, os cursistas foram questionados sobre os fenômenos observados. As respostas esperadas incluíam a condução térmica e o gradiente de temperatura na superfície.

Com base na natureza dos conceitos espontâneos descrita por Vygotsky (2001), que emergem das experiências cotidianas dos estudantes, tornou-se evidente a importância de identificar esses conhecimentos nas respostas aos questionários aplicados. Esses conceitos espontâneos foram essenciais para orientar e planejar as atividades de aprendizagem no segundo momento pedagógico, denominado Organização do Conhecimento. Ao reconhecer e valorizar esses saberes iniciais, é possível planejar atividades de ensino que os conectem aos conhecimentos científicos, conforme as recomendações de Vygotsky. Dessa forma, o ensino parte das ideias já internalizadas pelos estudantes, facilitando a transição para conceitos científicos mais complexos.

Figura 7: Termograma do corpo de prova.



Fonte: o autor

6.1.2 Relato do segundo encontro

O segundo encontro, realizado no dia 8 de julho, contemplou parcialmente a etapa de organização do conhecimento da sequência didática, conforme proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Nessa fase, a exposição dos conceitos de

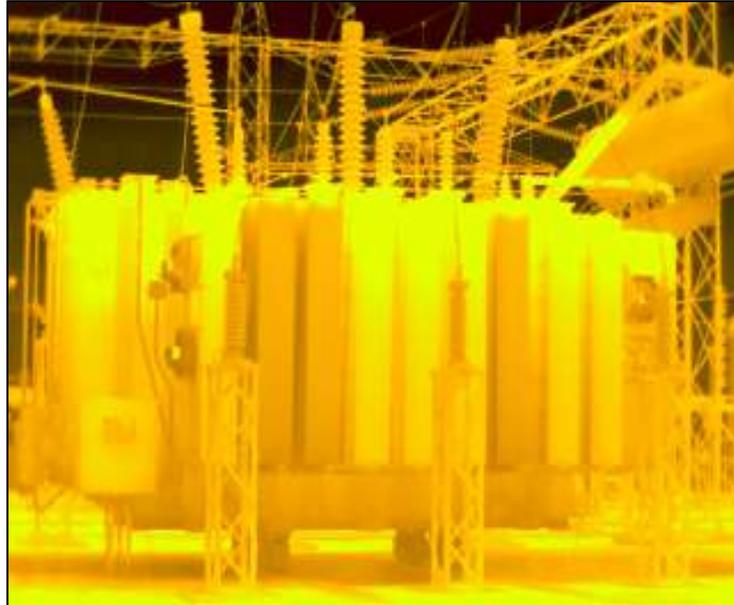
forma lógica e sistematizada teve como ponto de partida os conceitos espontâneos identificados durante a problematização inicial (primeiro encontro). Além disso, o papel do instrutor, atuando como parceiro mais capaz, foi fundamental para promover a evolução conceitual dos participantes, guiando-os desde seus conceitos espontâneos em direção à compreensão de conceitos científicos.

Cabe destacar que a etapa anterior desempenhou um papel fundamental ao possibilitar a estimativa da Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI) dos profissionais, fornecendo subsídios essenciais para o planejamento das atividades propostas nesta segunda fase. Os conteúdos foram estruturados de modo a criar situações que incentivassem a interação social entre os profissionais, permitindo a observação de seu progresso conceitual, conforme as diretrizes de Vygotsky (2001). Foram introduzidos diversos conceitos fundamentais para a compreensão dos fenômenos térmicos. O primeiro conceito abordado foi o de temperatura, relacionado à agitação das moléculas, e sua correlação com grandezas físicas que variam de maneira biunívoca, como pressão, volume e resistência elétrica, conhecidas também como grandezas termométricas.

Em seguida, foi abordado o conceito de equilíbrio térmico, que se refere à transferência de energia na forma de calor entre dois corpos até atingirem a mesma temperatura. Os participantes revisaram o conceito físico de calor e, posteriormente, os mecanismos de propagação de calor. O primeiro mecanismo discutido foi a condução, exemplificada pela demonstração da transferência de calor da mão do instrutor para a alça do corpo de prova (chaleira). Através do termovisor, foi possível observar o aumento de temperatura na alça após a retirada da mão do instrutor, evidenciando o processo de condução térmica.

O segundo mecanismo de propagação de calor abordado foi a convecção, que ocorre exclusivamente em fluidos. Para ilustrar esse processo, foram utilizados como exemplo os transformadores de potência, que empregam óleo mineral tanto como isolante quanto como meio refrigerante. A convecção é facilitada pelos radiadores incorporados a esses transformadores (Figura 8).

Figura 8: Exemplo de propagação de calor por convecção em transformadores de potência.



Fonte: o autor

O terceiro mecanismo de propagação de calor discutido foi a radiação, que, ao contrário dos anteriores, não requer um meio material ou contato para ocorrer, podendo acontecer inclusive no vácuo. Em seguida, foi demonstrado o conceito de gradiente térmico com a imagem obtida do corpo de prova pelo termovisor: ao se derramar água quente no reservatório, foi possível observar o comportamento do fenômeno físico (Figura 7).

Ao final do encontro, alguns participantes destacaram que abordagens teóricas como esta são incomuns em treinamentos corporativos. Foi então esclarecido que o início do curso teria um foco nos conceitos científicos para promover uma compreensão mais sólida das técnicas termográficas que seriam estudadas ao longo das aulas.

6.1.3 Relato do terceiro encontro

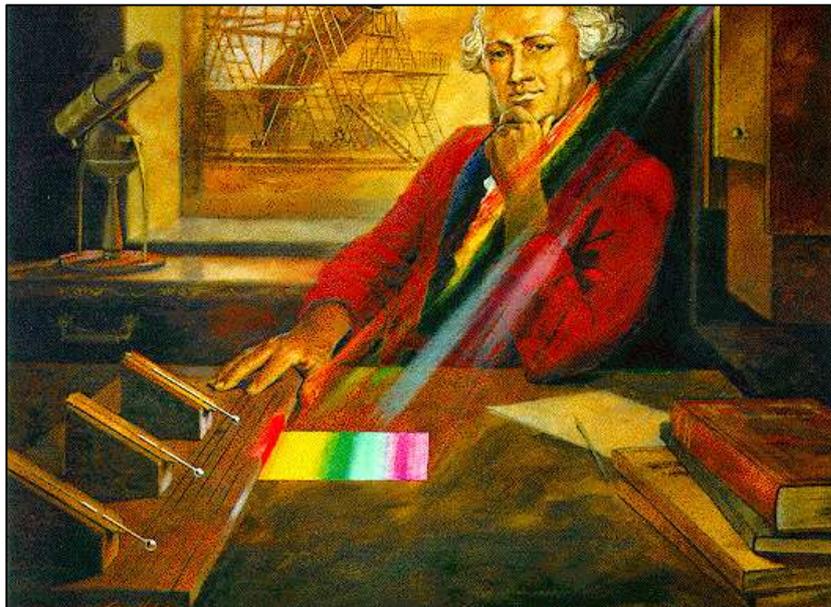
No início do terceiro encontro, realizado no dia 15 de julho, foi promovida uma discussão sobre os conceitos físicos abordados no encontro anterior, facilitando a compreensão dos novos conceitos a serem explorados. Foram enfatizados, em especial, os conceitos diretamente relacionados à termografia, dada sua importância no contexto das atividades práticas. Nesse sentido, analisou-se o experimento de

Herschel (Figura 9), que levou à descoberta da radiação infravermelha, além do espectro eletromagnético, da radiação infravermelha e do conceito de emissividade.

O cientista inglês William Herschel, em 1800, repetiu a experiência de Isaac Newton, que usou um prisma para decompor a luz, com o objetivo de verificar qual cor causava maior aquecimento no bulbo de um termômetro. Herschel foi surpreendido ao observar que, além da luz vermelha (fora do espectro visível), ocorria um aquecimento maior do que nas outras cores, levando-o à descoberta da radiação infravermelha.

Após uma breve discussão sobre a simplicidade do experimento em relação à significativa contribuição que trouxe para a Ciência, o momento se mostrou propício para abordar os temas relacionados à radiação infravermelha, a qual é emitida por qualquer corpo cuja temperatura esteja acima do zero absoluto (zero Kelvin). Em seguida, foi apresentado o conceito de espectro eletromagnético, culminando na definição do conceito de emissividade, definido como a comparação entre a excitância emitida pelo objeto analisado e a excitância emitida por um corpo negro, ambos à mesma temperatura (Muniz, 2019).

Figura 9: Experimento de William Herschel.



Fonte: Capa do livroto Discovery of Infrared Light, da Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology/ National Aeronautics and Space Administration

Para facilitar a compreensão, optou-se por definições simplificadas que abordam a maior ou menor capacidade de um corpo em emitir radiação

eletromagnética, além da relação entre a energia emitida por um objeto qualquer (considerado cinzento) e a energia emitida por um corpo negro. A partir da definição de corpo negro, esclarecemos que a definição de radiação térmica idealizada é crucial para a termografia.

A imagem obtida do corpo de prova pelo termovisor (Figura 7) foi então associada ao conceito de emissividade. Os profissionais puderam observar que, apesar do termovisor medir temperaturas distintas, nas diferentes cores e superfícies, todas estavam em equilíbrio térmico, corroborando que as superfícies emitiam radiação de forma diferente. Além disso, o conceito de emissividade também ajudou a esclarecer o porquê do reflexo do próprio instrutor ser visível no corpo de prova durante a experiência.

Por fim, a radiometria foi explorada de forma detalhada, enfatizando sua capacidade de medição quantitativa da radiação eletromagnética. O objetivo foi aprofundar a compreensão dos estudantes sobre a técnica de termografia e suas diversas aplicações científicas e tecnológicas. Ao final do terceiro encontro, foi aplicado o terceiro questionário (APÊNDICE C). Por meio dele, os participantes puderam responder novamente aos questionamentos propostos após a discussão dos conceitos científicos.

6.1.4 Relato do quarto encontro

O quarto encontro, ocorrido no dia 22 de julho, compreendeu o terceiro momento da intervenção, qual seja a aplicação do conhecimento (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002). Nesse momento, cabe ao professor propor atividades tanto teóricas quanto práticas, com o objetivo de desenvolver nos estudantes competências tecnológicas e específicas relacionadas ao objeto conceitual em estudo. É nessa fase que os estudantes começam a explorar os conceitos científicos, superando os conceitos espontâneos originados de sua vivência sociocultural (Vygotsky, 2001; Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011).

Inicialmente, foram discutidas as respostas ao terceiro questionário, com o objetivo de sintetizar e organizar os conceitos trabalhados nos encontros anteriores. Em seguida, foram abordados temas relevantes aos ensaios termométricos, incluindo tópicos essenciais como escalas de medição, nível de campo e amplitude, além do conceito de foco térmico, que permite ajustar a nitidez das imagens térmicas para uma

melhor identificação de variações de temperatura. Além disso, foram discutidos os fatores que podem influenciar diretamente as medições térmicas, como a emissividade dos materiais, a distância entre o objeto e o termovisor, e a presença de fontes externas de calor ou reflexões, as quais podem distorcer os resultados. Esses conceitos são fundamentais para o uso eficaz das câmeras térmicas, especialmente em ambientes que exigem alta precisão nas medições.

Adicionalmente, foram abordados temas relacionados à manutenção preventiva e preditiva, destacando a importância da termografia como ferramenta para identificar problemas em equipamentos antes que resultem em falhas graves. A análise de termogramas, que consiste na interpretação de imagens térmicas para detectar padrões anômalos de calor, foi outro ponto central, capacitando os estudantes a entenderem como a termografia pode ser usada de forma eficaz para monitorar condições operacionais e prevenir avarias.

Cada um desses tópicos foi demonstrado de maneira prática utilizando o termovisor, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10: Demonstração dos ensaios termográficos.



Fonte: o autor

6.1.5 Relato do quinto encontro

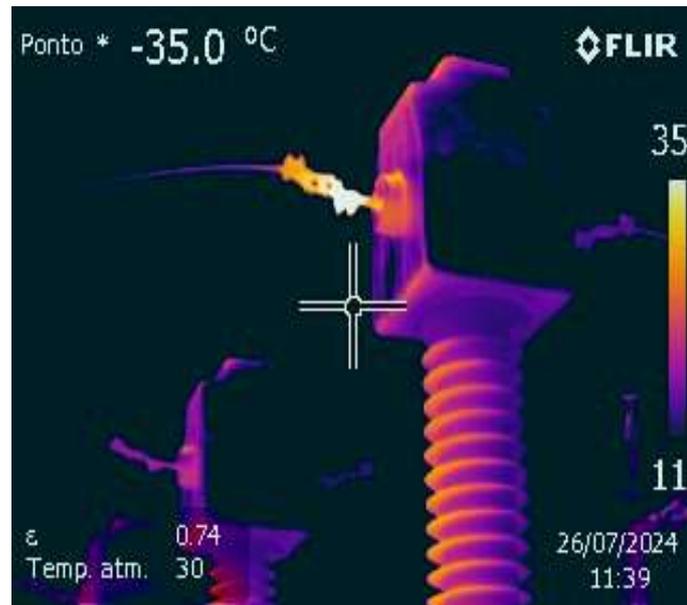
A atividade prática com a utilização do termovisor foi realizada para seis profissionais dos Polos Pelotas e Candiota na Subestação Pelotas III, no dia 30 de julho de 2024. Para o Polo Guaíba, a prática foi realizada na subestação Camaquã, quando o instrutor se deslocou ao encontro dos demais profissionais, no dia 26 de julho de 2024.

Sendo subestações da rede básica do sistema interligado nacional, a quantidade de equipamentos nos diversos níveis de tensão são consideráveis. Assim, para otimizar a investigação de anomalias térmicas nas aulas práticas, o instrutor utilizou da sua experiência para encontrar em poucos minutos anomalias térmicas interessantes e direcionar os profissionais para área da subestação onde poderiam realizar a operação do termovisor e investigação das anomalias.

Devido a maior corrente elétrica, os equipamentos pertencentes aos módulos de menor tensão, como os de 13,8 KV, são geralmente os mais suscetíveis a desenvolverem anomalias térmicas em contatos e conexões elétricas. Todavia, não foi que aconteceu na subestação Camaquã, quando foram encontradas anomalias nos equipamentos dos módulos de 69 KV em uma conexão de um transformador de corrente. As Figuras 11, 12 e 13 demonstram termogramas obtido pelos profissionais, enquanto a Figura 14, confirma a execução da atividade prática utilizando o termovisor.

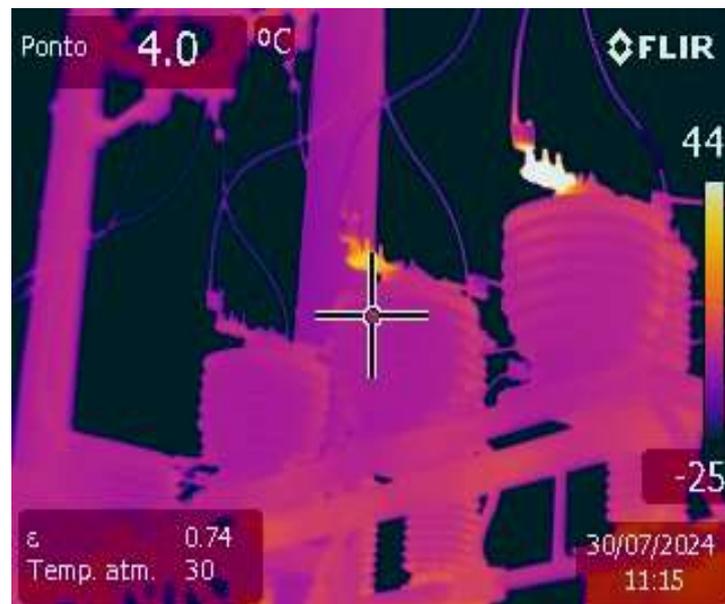
Na Subestação Pelotas III, as anomalias térmicas foram encontradas nos equipamentos dos módulos com tensão de 13,8KV. Dessa forma, a operação dos termovisores, por parte dos estudantes, permitiu a identificação e o registro das anomalias térmicas. Destaca-se as imagens obtidas de transformadores de corrente com anomalia na conexão (Figura 12), e com anomalia do disjuntor causando aquecimento em toda a parte superior do equipamento (Figura 13). Assim, os estudantes conseguiram termogramas com boa qualidade, ou seja, com composição de imagem, foco térmico e foco óptico adequados.

Figura 11: Termograma 01 obtido pelos estudantes.



Fonte: o autor

Figura 12: Termograma 02 obtido pelos estudantes.



Fonte: o autor

Figura 13: Termograma 03 obtido pelos estudantes.



Fonte: o autor

Figura 14: Aula prática em subestação.



Fonte: o autor

6.2 Como uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica contribui para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores de um grupo de profissionais da área de transmissão de energia elétrica?

Entre os conteúdos abordados ao longo do curso, buscamos analisar a evolução dos conceitos científicos relacionados às técnicas termográficas. Para tal, os nove profissionais cursistas (PC) participantes da pesquisa foram submetidos a dois questionários similares (ver Apêndices B e C). O primeiro foi aplicado ao final do primeiro encontro, isto é, antes da etapa de organização do conhecimento da sequência didática. O segundo foi aplicado ao final do terceiro encontro, após a exposição dos conteúdos.

Ambos foram aplicados por meio da plataforma Microsoft Forms e respondidos individualmente sem interferência e/ou compartilhamento das respostas entre os PC. Como forma de identificarmos as respostas obtidas, adotamos a codificação PC-X/QA e PC-X/QD, onde X é número do cursista (1 a 9) e QA/QD são, respectivamente, as respostas antes e após a organização do conhecimento.

Na primeira pergunta do questionário, os PC tiveram que descrever quais fenômenos físicos podiam ser observados através do termovisor antes da água quente ser derramada no corpo de prova (reservatório). Os fenômenos a serem identificados eram o da condução térmica, quando a mão do instrutor transfere calor para alça da chaleira, e o de reflexão, haja vista que era possível identificar na imagem térmica o reflexo do instrutor na parte mais reflexiva do corpo de prova.

Antes da etapa de organização do conhecimento, o fenômeno de condução térmica foi identificado por PC-5 e pelo PC-7. De maneira aproximada, o PC-2 respondeu troca de calor. Os demais não tiveram respostas adequadas ou não conseguiram observar o fenômeno físico esperado. O fenômeno da reflexão do instrutor no corpo de prova foi identificado por PC-1, PC-6, PC-7 e PC-8.

Após a organização do conhecimento, percebemos que o número de respostas corretas aumentou para ambos os fenômenos, sendo a condução térmica respondida corretamente por seis cursistas (PC-1, PC-2, PC-4, PC-5, PC-7 e PC-8) e o fenômeno de reflexão do instrutor no corpo de prova por sete cursistas (PC-1, PC-2, PC-4, PC-6, PC-7, PC-8 e PC-9).

Em termos da evolução conceitual, foi possível perceber que, tanto os cursistas que não haviam respondido corretamente antes da organização do conhecimento, como àqueles que tinham respondido de forma correta, apresentaram indícios de evolução na compreensão dos fenômenos. Como exemplo, podemos destacar a resposta do PC-7, o qual identificou corretamente conceito de condução e, após a organização do conhecimento, aprimorou a forma de descrever o conceito envolvido no processo.

A alça da jarra mudou de cor ao ser tocada pela mão do Ramon; as partes metálicas da jarra refletiram o calor do Ramon; Quando as pessoas se colocam no raio de visão do termovisor aparece sua silhueta na imagem. (PC-7/QA)

Condução térmica da mão do instrutor com a alça do corpo de prova, reflexão do calor de um corpo humano na parte metálica da jarra. (PC-7/QD)

Na segunda pergunta do questionário, os cursistas tiveram que descrever se a cor da superfície interfere na temperatura observada através do termovisor. Nesse caso, era esperado que os PC respondessem positivamente, destacando que a diferença de temperatura observada nas diversas cores e a parte não pintada ocorria em virtude da emissividade.

Inicialmente, somente o PC-5 respondeu que as cores da superfície não interferiam nas cores observadas através do termovisor. Os demais, apesar de responderem positivamente, não correlacionaram o fenômeno ao conceito de emissividade.

Após a organização do conhecimento, os cursistas PC-1, PC-2, PC-3, PC-4 e PC-7 relacionaram a emissividade com a diferença de temperatura observada através do termovisor. Destacamos que o PC-5 identificou o conceito de reflexão e não de emissividade.

Assim como o conceito anterior, foi possível averiguar indícios de evolução na compreensão do conceito de emissividade. As respostas do PC-2 e do PC-3, por exemplo, indicam que as diferentes cores observadas na imagem termográfica passaram a ser compreendidas como efeito da emissividade. No primeiro questionário, ambos apenas responderam “sim”.

Sim. Onde não estava pintado (cromado), a temperatura e a emissividade são menores. (PC-2/QD)

Sim. Onde a superfície não está pintada, a temperatura é menor pela emissividade. (PC-3/QD)

Outrossim, as respostas do PC-4 e do PC-7 mostram que o conceito de emissividade, além de ser identificado corretamente, passou a ser melhor articulado na explicação do fenômeno.

Sim. Algumas cores não são tão sensíveis a percepção da radiação captada pelo termovisor. (PC-4/QA)

Sim, pela influência da emissividade. (PC-4/QD)

Sim pois as cores escuras da parte teflon da jarra e das fitas isolantes não geraram imagens do calor em que a água dentro da jarra estava. (PC-7/QA)

Sim, pois a superfície que estava pintada de várias cores tinha uma temperatura e emissividade maior que a não estava pintada. (PC-7/QD)

Na terceira pergunta do questionário, os cursistas tiveram que identificar quais os fenômenos físicos observados após ser derramada a água quente no reservatório, bem como quais fenômenos se destacaram quando comparados aos observados antes de derramar a água quente. Dentre as respostas esperadas, destaca-se a condução térmica entre a água e o corpo de prova e o gradiente provocado pela fonte do calor até a parte mais fria do reservatório.

Antes da organização do conhecimento, somente o PC-5 identificou corretamente o fenômeno da condução térmica. O gradiente de temperatura não foi identificado por nenhum PC. Após a organização do conhecimento, seis cursistas (PC-1, PC-2, PC-4, PC-5, PC-7 e PC-9) passaram a reconhecer o fenômeno da condução térmica. Por conseguinte, o gradiente térmico passou a ser percebido por cinco profissionais (PC-1, PC-2, PC-5, PC-6 e PC-8).

Acerca da evolução dos conceitos, igualmente percebemos indicativos de que os fenômenos observados passaram a ser explicados por meio dos conceitos científicos de condução e de gradiente de temperatura. Como exemplos, destacamos as respostas do PC-2 e do PC-8.

A coluna em azul pareceu ficar menos quente que as demais. As cores influenciam nas captações de temperatura e a coluna onde não há pintura está refletindo a parede, onde está mais frio que o corpo da jarra. (PC-2/QA)

O calor migrou da água para o reservatório (condução) e a temperatura se espalhou pelo material (gradiente). (PC-2/QD)

Observou-se que o reflexo do material do corpo de prova sumiu, e o termovisor detectou com mais exatidão a temperatura onde tinha água quente na jarra. (PC-8/QA)

Conforme a água quente foi sendo inserida na jarra, pode ser visto a evolução da temperatura subindo pelo corpo do objeto, e no passar do tempo a temperatura se tornou homogênea (gradiente de temperatura). (PC-8/QD)

Em síntese, podemos perceber que os cursistas identificaram alguns dos fenômenos esperados antes da organização do conhecimento. Contudo, muitos não os relacionavam aos conceitos científicos de forma adequada. Após a exposição dos conceitos de física, relacionando-os a prática termográfica, os profissionais passaram a reconhecer e articular corretamente aos fenômenos explorados.

Em busca de um aprimoramento da evolução conceitual de todos os estudantes, em especial nos que tiveram menor número de acertos no questionário, foi realizada uma revisão dos conteúdos, durante uma hora, antes de iniciar as atividades práticas realizadas nas subestações de cada polo de manutenção respectivamente. Foram abordados os conceitos que os estudantes tiveram maior dificuldade de entendimento como os conceitos de emissividade e gradiente térmico.

Concluído a essa etapa, iniciou a prática com a operação do termovisor, em que os estudantes puderam praticar os conceitos abstraídos. Analisando as imagens térmicas obtidas pelos estudantes PC e, com colaboração do instrutor, durante a prática, como parceiro mais capaz, verificou-se que a evolução dos conceitos foi suficiente, para que todos os estudantes tivessem um desempenho satisfatório, na operação da câmera termográfica, identificando anomalias térmicas reais na subestação escolhida para a prática.

O desenvolvimento das funções psicológicas superiores dos cursistas ao longo do curso evidencia-se pela evolução conceitual na compreensão dos fenômenos físicos relacionados às técnicas termográficas. Inicialmente, muitos participantes demonstraram um entendimento limitado dos conceitos científicos, refletindo seu nível de desenvolvimento real. Após a etapa de organização do conhecimento, observou-se um avanço importante na capacidade de identificar e articular conceitos como condução térmica, reflexão, emissividade e gradiente térmico.

A evolução das respostas dos cursistas, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, evidencia a transformação de processos mentais básicos em processos mais complexos e conscientes. As atividades práticas, aliadas à revisão dos conteúdos e à interação social, favoreceram a internalização dos conceitos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores.

Na perspectiva de Vigotski, o desenvolvimento das Funções Psicológicas Superiores — como atenção voluntária, memória lógica, pensamento abstrato e linguagem, entre outras — ocorre de forma interdependente, em um processo dinâmico e integrado. Esse desenvolvimento é mediado por instrumentos e signos culturais, que possibilitam a reorganização das capacidades psicológicas naturais em níveis mais complexos.

Cada função, ao se desenvolver, influencia diretamente o avanço das demais, promovendo uma transformação global nas estruturas cognitivas do indivíduo. Nesse contexto, o aprendizado de conceitos científicos desempenha um papel fundamental. Eles fornecem ferramentas simbólicas que potencializam o pensamento abstrato e sistemático, permitindo ao indivíduo estabelecer relações mais profundas e generalizadas entre os fenômenos.

6.3 Como estudantes percebem e respondem a uma sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática termográfica?

Concluída a aplicação da sequência didática, objetivamos avaliar as percepções dos cursistas acerca da intervenção pedagógica experienciada. Dessa maneira, objetivo da análise é realizar uma investigação das respostas dos estudantes sobre a viabilidade da metodologia de ensino utilizada, a percepção dos estudantes quanto evolução da aprendizagem e possíveis melhorias que podem ser implementadas na sequência didática.

As informações foram coletadas através de dois questionários, o primeiro ocorrido no primeiro encontro (APENDICE A) com objetivo realizar um diagnóstico dos estudantes em relação ao seu histórico profissional, sua relação com a vida acadêmica em especial com o ensino de física e os conhecimentos sobre as técnicas termográficas. O segundo questionário (APENDICE D) realizado após a aplicação da sequência didática, com o objetivo de investigar a percepção dos PC's com relação

didática utilizada, que abordou os conceitos científicos e se esses trouxeram uma melhor compreensão das técnicas termográficas e sua aplicação. Ainda, se os PC's após o treinamento se consideravam mais seguros e capazes de realizar as atividades de termografia e quais as oportunidades de melhoria aos treinamentos eram sugeridas.

Utilizando o cruzamento dos instrumentos investigativos (Yin, 2016), buscamos obter informações que evidenciassem a satisfação dos estudantes diante do percurso pedagógico e as possíveis adequações a serem realizadas. Como forma de identificarmos as respostas obtidas, adotamos a codificação PC-X/QAY e PC-X/QDZ, onde X é número do cursista (1 a 9) e QAY é a resposta do APENDICE A e Y sendo o número da questão (1 a 10) e QDZ é a resposta APENDICE D e Z sendo o número da questão (1 a 3).

Acerca da didática aplicada, abordando os conceitos científicos e se trouxeram uma melhor compreensão das técnicas termográficas e sua aplicação, além da evolução dos conceitos por partes dos PC's, percebemos indicativos de que os egressos aprovaram a sequência didática. Como exemplos, destacamos as respostas do PC-6 com 45 anos que considera seu aprendizado em física satisfatório no ensino médio e o PC-7 com 57 anos, que considera seu aprendizado em física baixo no ensino médio.

Por trabalhar em uma área em que a eletricidade é inevitável de perceber, a presença dos conhecimentos sobre física é mais comum. (PC-6/QA6)

A didática da teoria, aliada com a visualização em campo dos conceitos sobre termografia, elucidou muitas dúvidas que tínhamos ao realizar as inspeções termográficas. (PC-6QD1)

As relações são percebidas rotineiramente, nas atividades com energia elétrica. (PC-7/QA6)

Com relação a didática utilizada, considero que foi muito assertiva, que uma informação que está no imaginário e que o instrutor conseguiu trazer através dos experimentos as noções dos conceitos físicos. (PC-7/QD1)

Na segunda pergunta do questionário, os PC's relataram sua confiança e segurança em realizarem as atividades de termografia. Todos indicaram o que treinamento colaborou na melhoria da execução das atividades.

Como exemplos, destacamos as respostas do PC-4 com 46 anos que considera seu aprendizado em física médio, no ensino médio, e não se considerava apto antes do treinamento a realizar inspeção termográfica, o PC-07 já descrito, e o PC-8 com 40 anos, que considera seu aprendizado em física bom e se considerava capaz em executar uma inspeção termográfica antes do treinamento.

Depois do curso com qualidade e confiabilidade. (PC-4QA10)

Sim, muito mais seguro, tanto para compreensão das técnicas como para operar o termovisor. (PC-4QD10)

Não me considero capaz de realizar uma inspeção termográfica. Preciso realizar o treinamento e praticar muito. (PC-7QD10)

Depois da capacitação, me considero mais seguro, pois agora tenho uma melhor olhar através dos conceitos, conseguindo diferenciar o que poderia ser somente um reflexo, de uma anomalia térmica real. (PC-7QD2)

Acredito conseguir realizar uma inspeção de termografia sem dificuldades, inclusive já a fiz. (PC-8QD10)

Sim, após o treinamento me sinto mais confiante em realizar as atividades de termografia, tendo conhecimento do que estou fazendo. (PC-8QD2)

Por fim, a terceira questão foi reservada para sugestões sobre oportunidades de melhoria que poderiam ser implementadas na capacitação em termografia. Como exemplos, destacamos as seguintes repostas dos PC-4, PC-8 e PC-9, o qual tem 39 anos, que considera seu aprendizado em física médio, no ensino médio, e se considerava apto antes do treinamento a realizar inspeção termográfica.

Poderia ter um tempo maior dedicado as questões teóricas. (PC-4QD3)

Poderia ser reservado mais horas para a atividade prática. (PC-8QD3)

Um pouco mais de horas para a prática com o equipamento. (PC-9QD3)

Diante das sugestões dos PC's verifica-se que a necessidade de aumento de carga horária tanto na discussão da teoria dos conceitos científicos quanto nas atividades práticas com a câmera termográfica.

Em suma, concluímos que os estudantes perceberam e responderam positivamente à sequência didática sobre conceitos físicos envolvidos na prática

termográfica. Através dos questionários aplicados antes e depois da intervenção pedagógica, foi possível identificar que os cursistas aprovaram a metodologia de ensino utilizada, evidenciando uma evolução na compreensão dos conceitos científicos e maior confiança na execução das atividades práticas de termografia.

Os estudantes responderam de forma positiva à sequência didática, mostrando uma evolução significativa na compreensão dos conceitos físicos e maior segurança na aplicação prática das técnicas termográficas. A metodologia utilizada, que integrou teoria e prática de forma assertiva, atendeu às expectativas dos cursistas e contribuiu para o desenvolvimento de suas competências profissionais. As sugestões para ampliação da carga horária reforçam o engajamento dos estudantes e a relevância da abordagem pedagógica adotada.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DE UM PERCURSO INVESTIGATIVO

A Educação Profissional e Tecnológica (EPT) exerce um papel essencial no desenvolvimento econômico e social contemporâneo, especialmente frente às rápidas transformações tecnológicas do século XXI. A formação, inicial e continuada, de profissionais capacitados para as necessidades tecnológicas do mundo do trabalho é, nesse sentido, fundamental.

No âmbito das tecnologias de manutenção industrial, a termografia, que envolve a captura e análise de imagens térmicas, é uma técnica essencial em setores como engenharia elétrica e construção civil. Profissionais aptos a realizar análises termográficas são fundamentais para garantir a segurança, identificar falhas estruturais e otimizar processos, aumentando a eficiência e prevenindo problemas que poderiam gerar altos custos.

Durante minha trajetória profissional, ao atuar como instrutor em técnicas termográficas, percebi dificuldades significativas entre os profissionais, chamados Termografistas, em aplicar conceitos fundamentais de propagação de ondas eletromagnéticas, calorimetria e transferência de calor à prática da termografia, especialmente na análise de termogramas. Enquanto profissional da área de transmissão de energia elétrica, testemunhei interpretações equivocadas de termogramas que, ora subestimavam anomalias, levando a falhas inesperadas de equipamentos elétricos, ora superestimavam problemas, resultando em intervenções equivocadas.

Nesse contexto, esta dissertação propôs o desenvolvimento de uma sequência didática fundamentada na perspectiva Histórico-Cultural de Vygotsky (2001), com o objetivo de abordar os conceitos físicos essenciais à prática profissional da termografia. Para tal, realizamos um curso de formação com nove profissionais da área de transmissão, de uma companhia de energia elétrica, onde conduzimos a intervenção pedagógica (Damiani et al., 2013) planejada.

Em síntese, a sequência didática buscou, por meio dos Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011), expor os conceitos científicos em articulação a atividades demonstrativas utilizando o corpo de prova e o termovisor, a fim de garantir que os estudantes não apenas entendessem os conceitos (abstração), mas também visualizassem sua aplicação prática (fenômeno). O objetivo principal foi sempre buscar a evolução conceitual dos estudantes, auxiliando-os a

partir dos seus conhecimentos espontâneos em direção a uma compreensão mais profunda e científica dos fenômenos.

Ao final da sequência didática, os estudantes tiveram a oportunidade de manipular diretamente a câmera térmica, explorando suas funcionalidades e observando os fenômenos físicos relacionados às técnicas termográficas. Esse contato prático permitiu que os estudantes visualizassem de forma clara as variações térmicas em diferentes superfícies e materiais, facilitando a compreensão dos princípios por trás das medições de temperatura. Ao operar o equipamento, os profissionais puderam experimentar como as variáveis teóricas estudadas influenciam diretamente os resultados obtidos, enriquecendo a experiência de aprendizado e promovendo uma sólida evolução conceitual ao conectar a teoria com a prática.

De modo geral, os profissionais ficaram surpresos com a abordagem utilizada na intervenção pedagógica, mesmo aqueles que já haviam recebido algum treinamento básico em termografia. Os resultados encontrados indicam uma boa aceitação em relação ao modelo pedagógico adotado que, somando com a qualidade dos termogramas obtidos pelos egressos, evidenciam o avanço intelectual e consequente evolução dos conceitos científicos trabalhados. Conforme preconiza Vygotsky (2001), partimos dos conceitos espontâneos, que os egressos trouxeram de sua vivência sociocultural, em direção aos conceitos científicos adquiridos no treinamento (educação formal).

Buscando contribuir para a formação de profissionais na área de termografia, a sequência didática desta dissertação compreende o produto educacional denominado *Ensino de Física e Termografia: uma sequência didática fundamentada na perspectiva histórico-cultural* (APÊNDICE E). Nele, abordamos os conceitos físicos subjacentes às técnicas termográficas a partir de situações práticas e contextualizadas. Acreditamos que docentes da EPT, bem como profissionais que realizam treinamentos na área de manutenção industrial, podem potencializar suas práticas a partir deste material.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. M. L.; RODRIGUES, D. S. **Referências sobre Práticas Formativas em Educação Profissional: o velho travestido de novo ante o efetivamente novo.** Boletim Técnico do Senac, Rio de Janeiro, v.36, n.2, maio /ago.2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade.** Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

ALMEIDA, P.R.A.; MUNIZ, P.R. **Painel Didático para Ensino-Aprendizagem de Inspeção Termográfica aplicada à Manutenção Elétrica.** Possibilidades e enfoques para o ensino das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Micheli Kuckla. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. <https://doi.org/10.20906/CBA2022/137>

CARVALHO, A. M. P. **As Práticas experimentais no Ensino de Física.** In: Carvalho, A. M. P. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CASTILHO, J.C.N.; LIMA, F. A. **Aspectos da Manutenção dos Equipamentos Científicos da Universidade de Brasília.** Dissertação apresentada a Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação (FACE) da Universidade de Brasília como requisito ao Grau de Especialista em Desenvolvimento Gerencial – Brasília – DF, 2006.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos.** 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DAMIANI, M. F., ROCHEFORT, R.S., CASTRO, R.F. DE, DARIZ, M. R., & PINHEIRO, S.S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos De Educação** (45), 57-67, 2013. <https://doi.org/10.15210/caduc.v0i45.3822>

DAMIANI, M. F. **Sobre pesquisas do tipo intervenção.** XVI Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino, ENDIPE - 23 a 26 de julho de 2012, FE/UNICAMP, Campinas.

FLIR. **User's manual FLIR InfraCAM SD.** Wilsonville, USA Flir Systems, 2008. 168 p.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no Ensino de Física.** São Paulo: Livraria da Física, 2014b.

JOENK, I. K. **Uma Introdução ao Pensamento de Vygotsky.** Florianópolis, SC, v. 4, n. 4, p. 29-42, 2002.

MARQUES, Nelson L. R.; ARAUJO, Ives S. **Física térmica.** Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Educação Profissional: Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico.** Brasília, 2000. 127p.

MOREIRA, M. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU. 1999.

MUNIZ, P. R. **Influência dos instrumentos, do ângulo de visada e do campo de visão do termovisor na execução de termografia por infravermelhos aplicada à manutenção elétrica**. Tese (Doutorado) Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2014. 177p.

MUNIZ, Pablo Rodrigues; MENDES, Mariana Altoé. **Termografia infravermelha aplicada à manutenção elétrica: dos fundamentos ao diagnóstico**. Vitória, ES. Edifes, 2019.

OTANI, M.; MACHADO, W. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Gestão Industrial, v.4, n.2, p.1-16, 2008.

PRESTES, Z. R. **Quando não é quase a mesma coisa: análise de traduções de Lev Semionovitch no Brasil, repercussões no campo educacional**. Tese de Doutorado. Brasília: Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, 2010.

OLIVEIRA, Tiago Miguel Dias. **Análise de Sistemas de Energia e Máquinas Elétricas com recurso a Termografia**. Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Automação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.

SANTOS, Tiago Pereira dos. **O estudo do estado da arte dos procedimentos de termografia na manutenção dos sistemas elétricos**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, 2017.

SILVA, Juliano Coelho da. **Avaliação dos efeitos da termografia aplicados à manutenção industrial**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade Unifametro Maracanaú, 2020.

UGALDE, M.C.P.; ROWEDER, C. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, Edição Especial, 2020.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

XENOS, H.G.D. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1ª ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2004. 302 p.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Porto Alegre: Penso, 2016.

APÊNDICE A

Primeiro Questionário: Identificação dos sujeitos de pesquisa

1. Qual seu gênero?
2. Qual sua formação?
3. Qual o tempo de empresa?
4. Qual a função que você realizava antes do Polo de Manutenção e Operação?
5. Durante o Ensino Médio, se você cursou disciplinas de Física, como você considera seu aprendizado?
6. Como você percebe relações entre os conceitos científicos/físicos estudados com vida cotidiana? E com sua atividade profissional?
7. Você já teve alguma formação na área de termografia?
8. Caso você já tenha tido alguma formação na área de termografia, comente como foi sua experiência e quais conhecimentos você julga mais importante?
9. Você se considera capaz de realizar uma inspeção termográfica?
10. Caso você se considere capaz de realizar uma inspeção termográfica, com que nível de qualidade e confiabilidade? Em caso de resposta negativa, o que você julga necessário para realizar essa técnica?

APÊNDICE B

Segundo Questionário: Levantamento dos conceitos espontâneos pertencentes aos egressos.

1. Descreva os fenômenos físicos observados através do termovisor, antes da água quente ser derramada no corpo de prova (reservatório)?
2. Qual a cor que representa uma maior temperatura observando a imagem térmica gerada pelo termovisor? Qual representa a menor temperatura?
3. O material do corpo de prova (reservatório) interfere na temperatura observada na imagem térmica gerada pelo termovisor?
4. A cor da superfície interfere na temperatura observada pelo termovisor?
5. Observando a imagem térmica gerada pelo termovisor, o corpo de prova (jarra) está com toda sua superfície na mesma temperatura. Após ser derrubada a água quente no reservatório, quais os fenômenos físicos puderam ser observados?

APÊNDICE C

Terceiro Questionário: Identificação da evolução dos conceitos científicos subjacentes às técnicas termográficas.

1. Descreva os fenômenos físicos observados através do termovisor, antes da água quente ser derramada no corpo de prova (reservatório)?
2. Qual a cor que representa uma maior temperatura observando a imagem térmica gerada pelo termovisor? Qual representa a menor temperatura?
3. O material do corpo de prova (reservatório) interfere na temperatura observada na imagem térmica gerada pelo termovisor?
4. A cor da superfície interfere na temperatura observada pelo termovisor?
5. Observando a imagem térmica gerada pelo termovisor, o corpo de prova (jarra) está com toda sua superfície na mesma temperatura. Após ser derrubada a água quente no reservatório, quais os fenômenos físicos puderam ser observados?

APÊNDICE D

Quarto Questionário: Verificar impressões pessoais da capacitação sobre os PCs.

1. Você considera que a didática utilizada, abordando os conceitos científicos, trouxeram uma melhor compreensão das técnicas termográficas e sua aplicação?
2. Depois de ministrada a capacitação você se considera mais seguro e capaz de realizar as atividades de termografia?
3. Quais oportunidades de melhoria, você observa, que poderia ser implementada na capacitação em termografia?

APÊNDICE

RAMON DA SILVA DIAS
MAYKON GONÇALVES MÜLLER
NELSON LUIZ REYES MARQUES



TERMOGRAFIA E FÍSICA

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA FUNDAMENTADA
NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL