

Universidade de Brasília
Programa de Pós-Graduação em Design

Francisco George de Sousa Lopes

**Design de estratégia de ensino-aprendizagem
para o estudo de máquinas térmicas**

Orientador
Prof. Dr. Tiago Barros Pontes e Silva

Brasília
2018

Universidade de Brasília
Programa de Pós-Graduação em Design

Francisco George de Sousa Lopes

Design de estratégia de ensino-aprendizagem para o estudo de máquinas térmicas

Dissertação apresentada como requisito parcial para a conclusão do Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Design (PPG-Design), linha de Design da Informação e Interação, do Departamento de Design da Universidade de Brasília (UnB).

Orientador
Prof. Dr. Tiago Barros Pontes e Silva

Brasília
2018

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L864d Lopes, Francisco George de Sousa
Design de estratégia de ensino-aprendizagem para o
estudo de máquinas térmicas / Francisco George de Sousa
Lopes; orientador Tiago Barros Pontes e Silva. -- Brasília,
2018.
93 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Design) --
Universidade de Brasília, 2018.

1. Design. 2. Método. 3. Ensino de física. 4.
Complexidade. 5. Ensino-aprendizagem. I. Silva, Tiago
Barros Pontes e, orient. II. Título.

FRANCISCO GEORGE DE SOUSA LOPES

**DESIGN DE ESTRATÉGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM PARA O
ESTUDO DE MÁQUINAS TÉRMICAS**

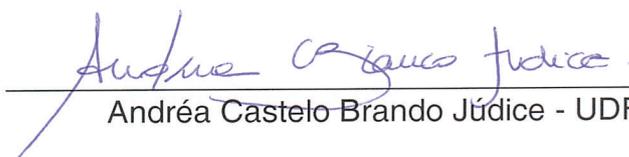
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design do Instituto de Artes da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Design.

Aprovada em 23/07/2018

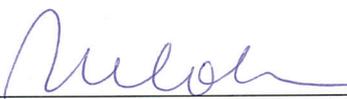
BANCA EXAMINADORA



Tiago Barros Pontes e Silva - DIN/UnB



Andréa Castelo Brando Júdice - UDF



Marisa Cobbe Maass - DIN/UnB

AGRADECIMENTOS

Ao Tiago, pela generosidade em compartilhar um mundo de conhecimento, pela paciência, pelas conversas e por todo o apoio durante essa jornada desafiadora e muito intensa.

Aos meus parceiros de pesquisa, César e Marcelo, que contribuíram de forma decisiva para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca, Andréa e Marisa, pelas importantes contribuições.

À Universidade de Brasília, por proporcionar espaços para o desabrochar do conhecimento e da reflexão, dos indivíduos plenos em suas habilidades, satisfações e sonhos.

À minha mãe, pelos enormes sacrifícios, pelo suporte e carinho ao longo de todos esses anos. Sua presença é essencial para tudo o que tenho conquistado.

Ao meu amor, por sempre estar ao meu lado.

Muito obrigado.

*Todas as coisas humanas que se suponham completas
são, por esse motivo, imperfeitas*

Herman Melville

RESUMO

Vivemos uma época de intensas transformações nas relações que estabelecemos com o nosso meio, lidando com enormes fluxos de informação que, em conjunto com uma sociedade cada vez mais baseada em tecnologia, promove o surgimento de novos espaços alternativos, intangíveis e imateriais. Captar essa nova realidade, sempre em constante mudança, tem se mostrado uma tarefa difícil, o que gera uma série de conflitos nos mais diversos campos da ação humana e a escola não é exceção. Desse modo, o presente trabalho se propõe a identificar e investigar os desafios que são colocados às relações de ensino-aprendizagem contemporâneas com foco no ensino de ciências e, em especial no de física, propondo uma estratégia de ensino-aprendizagem à luz de uma abordagem de design. Para isso, inicialmente, abordamos conceitos relativos à cibercultura e à complexidade, que consideramos o meio no qual nosso objeto de estudo está inserido. A partir deste contexto, discutimos possíveis causas que impedem a atualização da escola e os problemas que decorrem desse descompasso, para, em seguida, justificarmos o design, bem como alguns de seus campos, como área do conhecimento com potencial no sentido de atualizar o meio escolar de modo que este responda pelos anseios e mudanças que o mundo atual enseja. Em seguida, partimos para a concepção da estratégia de ensino-aprendizagem, utilizando enfoques inspirados na Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e, principalmente naqueles inerentes aos processos de design, estabelecendo, por meio de trabalho colaborativo, uma imersão no contexto escolar no intuito de apreender as relações existentes ali para, de forma empática e contextual, a partir de processos divergentes e convergentes de pensamento, propor uma série de requisitos e atributos para o desenvolvimento da estratégia. No processo de geração de alternativas, buscamos por soluções viáveis, criativas e aderentes ao contexto, que coloquem o estudante no centro do processo de ensino. Ao término da fase de geração, implementamos a estratégia de ensino-aprendizagem no contexto escolar e analisamos seus resultados com o intuito de avaliar seu impacto em sala de aula, no professor e nos estudantes. Concluímos que soluções particulares possuem grande potencial de impactar positivamente ambientes de aprendizagem específicos. No entanto, os processos de concepção dessas soluções podem ser portados para outras realidades, sendo possível que se estabeleça metodologias de desenvolvimento de algum modo similares, mas que gerem produtos diferenciados, adaptados para cada situação particular.

Palavras-chave: design, método, ensino de física, complexidade, ensino-aprendizagem

ABSTRACT

We are living in a time of intense transformation in the relations we establish with our environment, dealing with enormous flows of information that, together with a society increasingly based on technology, promote the emergence of new alternative spaces, intangible and immaterial. Capturing this new, ever-changing reality has proved to be a difficult task, which creates a series of conflicts in the most diverse fields of human action, and school is no exception. Thus, the present work aims to identify and investigate the challenges that are posed to contemporary teaching-learning relations with a focus on science teaching, and especially on physics, proposing a teaching-learning strategy in the light of an approach of design. For this, initially, we approach concepts related to cyberculture and complexity, which we consider the medium in which our object of study is inserted. From this context, we discuss possible causes that impede the updating of the school and the problems that result from this mismatch, and then justify the design, as well as some of its fields, as an area of knowledge with the potential to update the school environment so that it responds by the yearnings and changes that the present world brings. Then, we set out to design the teaching-learning strategy, using approaches inspired by the Ergonomic Work Analysis (EWA) and, especially those inherent in the design processes, establishing, through collaborative work, immersion in the school context in order to apprehending the existing relationships there to empathically and contextually, from divergent and convergent thought processes, to propose a series of requirements and attributes for the development of the strategy. In the process of generating alternatives, we seek viable, creative and context-based solutions that place the student at the center of the teaching process. At the end of the generation phase, we implemented the teaching-learning strategy in the school context and analyzed its results in order to evaluate its impact in the classroom, the teacher and the students. We conclude that private solutions have great potential to positively impact specific learning environments. However, the design processes of these solutions can be ported to other realities, and it is possible to establish development methodologies that are similar in some way, but that generate differentiated products adapted to each particular situation.

Key words: design, method, physics teaching, complexity, teaching-learning

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – O contraste entre a realidade escolar e aquela vivenciada pelo estudante | 17 |
| Figura 2 – Objeto de aprendizagem concebido como partícula e como campo | 20 |
| Figura 3 – Representação dos objetivos da investigação | 22 |
| Figura 4 – Acoplamento estrutural | 30 |
| Figura 5 – Diamante duplo | 40 |
| Figura 6 – Etapas do delineamento | 41 |
| Figura 7 – Estrutura física da escola | 51 |
| Figura 8 – Mapas mentais | 57 |
| Figura 9 – Descrição de uma aula dupla típica | 57 |
| Figura 10 – Nova aula a partir da estratégia de ensino-aprendizagem | 59 |
| Figura 11 – Aumento da complexidade dos conceitos em direção à máquina térmica | 62 |
| Figura 12 – Circuito de refrigeração com os conceitos abordados em cada etapa | 63 |
| Figura 13 – Cartões de exercícios distribuídos via aplicativo de mensagens Whatsapp | 65 |
| Figura 14 – Cartaz infográfico com a descrição de cada etapa do trabalho | 66 |
| Figura 15 – Cartela de adesivos com os componentes da geladeira | 67 |
| Figura 16 – Site | 67 |
| Figura 17 – <i>Webquest</i> distribuída via aplicativo de mensagens Whatsapp | 70 |
| Figura 18 – Roteiro de aplicação da estratégia | 70 |
| Figura 19 – Preparação da sala de aula | 72 |
| Figura 20 – Cartela de adesivos para ser colada no caderno dos estudantes | 73 |
| Figura 21 – Vídeo com a descrição do circuito de refrigeração | 73 |
| Figura 22 – Exercício enviado para o grupo de Whatsapp da turma | 74 |
| Figura 23 – Vídeo mostrando as etapas de funcionamento do compressor | 75 |
| Figura 24 – <i>Webquest</i> enviada para o grupo de Whatsapp da turma | 76 |
| Figura 25 – Adesivo da etapa compressor colado na cartela dos estudantes | 76 |
| Figura 26 – Gráfico com o percentual de estudantes aprovados em física | 81 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Organização das turmas no CEd 06 de Ceilândia | 51 |
| Quadro 2 – Frequência e média de idade dos estudantes da 2º Etapa | 53 |
| Quadro 3 – Composição de pontuação para a disciplina física | 54 |
| Quadro 4 – Divisão do trabalho em semanas e por notas | 64 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ABPP | Aprendizagem Baseado em Problemas e por Projetos |
| AET | Análise Ergonômica do Trabalho |
| AM | Avaliação Multidisciplinar |
| AVAs | Ambientes Virtuais de Aprendizagem |
| CEd 06 | Centro Educacional 06 de Ceilândia |
| DBL | <i>Design Based Learning</i> (Aprendizagem Baseada em Design) |
| DF | Distrito Federal |
| EAD | Ensino à Distância |
| ED | Estudo Dirigido |
| ENCCEJA | Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos |
| EJA | Educação de Jovens e Adultos |
| GRF | Grupo de Re-elaboração do Ensino de Física |
| LDB | Lei de Diretrizes e Bases |
| PCNs | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| PPP | Projeto Político Pedagógico |
| SEEDF | Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal |
| TICs | Tecnologias da Informação e Comunicação |
| USP | Universidade de São Paulo |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 Problemática | 15 |
| 1.2 Objetivos | 21 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 23 |
| 2.1 O mundo contemporâneo e as dificuldades de atualização da escola pública | 23 |
| 2.2 O design como perspectiva | 29 |
| 3 MÉTODO | 38 |
| 3.1 Estudo do contexto do problema de pesquisa | 41 |
| 3.2 Diagnóstico | 44 |
| 3.3 Concepção da estratégia de ensino-aprendizagem | 45 |
| 3.4 Implementação da estratégia | 47 |
| 3.5 Avaliação dos impactos da estratégia | 48 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 50 |
| 4.1 Estudo do contexto do problema de pesquisa | 50 |
| 4.2 Diagnóstico | 56 |
| 4.3 Concepção da estratégia de ensino-aprendizagem | 60 |
| 4.4 Implementação da estratégia | 71 |
| 4.5 Avaliação dos impactos da estratégia | 78 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 83 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 86 |
| APÊNDICES | 89 |
| Apêndice A – Roteiro de perguntas da entrevista com grupo focal | 90 |
| Apêndice B – Links para os vídeos da aula de apresentação de Máquinas térmicas – Geladeira | 91 |
| Apêndice C – Cartões de exercícios distribuídos via aplicativo de mensagens Whatsapp com os respectivos links dos vídeos do Youtube para as experiências | 92 |

1 INTRODUÇÃO

As transformações pelas quais nossa sociedade vem passando nos últimos anos no sentido de uma interdependência econômica, cultural e política cada vez mais acentuada, nos revela que os impactos de determinado acontecimento em uma dada região do planeta tendem a gerar efeitos para muito além de suas fronteiras, de forma que o problema de um é, muitas vezes, o problema de todos. Cada vez mais percebemos que o todo é maior do que a soma de suas partes e que todos estamos inseridos em uma rede onde influenciemos e somos influenciados, de modo que isso revela um relativo esgotamento das formas de interpretação da realidade por meio de uma perspectiva cartesiana, de fragmentação e isolamento.

A inteligência que só sabe separar reduz o caráter complexo do mundo a fragmentos desunidos, fraciona os problemas e unidimensionaliza o multidimensional. É uma inteligência cada vez mais míope, daltônica, vesga; termina a maior parte das vezes por ser cega, porque destrói todas as possibilidades de compreensão e reflexão, eliminando na raiz as possibilidades de um juízo crítico e também as oportunidades de um juízo corretivo ou de uma visão a longo prazo (MORIN, 2007).

Ao mesmo tempo, a grande quantidade de informação a que estamos expostos, em conjunto com uma sociedade cada vez mais baseada em tecnologia, dois aspectos que, grosso modo, tem uma grande parcela de responsabilidade na forma como o nosso mundo se configura atualmente, proporciona o surgimento de novas ferramentas e soluções para nossos problemas, muitas vezes de forma autônoma, particular e, principalmente, contextual. Essas características são definidoras da chamada era da informação (FILATRO, 2010).

Acompanhando essa explosão informacional e tecnológica, transformações nas mais variadas atividades humanas têm surgido nas últimas décadas, gerando a ne-

cessidade de novas práticas de pensamento, no modo como entendemos o trabalho, a ciência, a arte e a educação (SANTAELLA, 2003). Nas palavras de Cardoso (2011), “com a disponibilidade de informações cada vez mais completas e a possibilidade de processá-las eficientemente, descobrimos que questões aparentemente simples são mais complexas do que se imaginava”.

De acordo com Norman (2007), as consequências inesperadas das tecnologias sempre pesam mais do que as esperadas. Flusser (2007), sob outra perspectiva, fala do “contra-ataque das máquinas” na qual um artefato tecnológico e/ou informacional apresenta dimensões de influência ou de ação não previstas em seu projeto inicial. Lidar com a complexidade do mundo atual exige com que se lide com a incerteza, com consequências não previstas, com o inesperado.

O meio educacional também está imerso neste contexto, o impacto dessas mudanças gera uma série de desdobramentos transformando a vida de seus atores: o professor, o estudante e, num plano mais amplo, a própria sociedade. A democratização do acesso aos computadores pessoais e à Internet, a popularização de dispositivos portáteis tais como *tablets*, *smartphones* e, mais recentemente, os *wearebles* e os dispositivos de realidade virtual e aumentada, têm mudado drasticamente o modo como as pessoas lidam com a informação e com o aprendizado.

Ao se pensar a educação e as práticas de ensino-aprendizagem, estamos diante de uma problemática complexa, que torna obsoleto qualquer paradigma analítico utilizado até então. Quem são os estudantes do novo milênio? Que recursos temos disponíveis em sala de aula? Seguindo adiante, o que é a sala de aula? Qual o real papel do professor, ele é realmente necessário? Essas perguntas são apenas parte de uma série de questionamentos que vêm emergindo no meio educacional nos últimos anos.

Diversas iniciativas têm surgido neste contexto com o objetivo de suprir os desafios que as questões supracitadas ensejam. Olhando mais especificamente para o Brasil, a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), já, desde a segunda metade dos anos 1990, trazem no seu bojo a importância do acesso à tecnologia e às suas implicações na sociedade. Políticas Públicas de inserção de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ensino, tais como o ProInfo, o Rived, programas de inclusão digital com distribuição de *notebooks* e *tablets* e a criação de cursos de capacitação para professores que

já trabalham nas redes de ensino também são exemplos dessas iniciativas, que podem ocorrer em nível federal, estadual e municipal.

1.1 Problemática

Se a física estuda os fenômenos que estão no nosso dia a dia, por que os estudantes a acham tão difícil?

O ensino de física, em geral, se caracteriza por um nível acentuado de formalismo e abstração que, muitas vezes, escapa ao cotidiano dos estudantes. Embora muitos conteúdos estejam relacionados a cenários palpáveis e tangíveis, frequentemente, se tornam ininteligíveis. Isso ocorre, em parte, por causa do formalismo matemático e/ou do grau de abstração que os conceitos demandam no processo de tradução de uma situação real para uma situação teórica de aprendizagem. Dessa maneira, eles acabam se desprendendo de sua realidade concreta e, conseqüentemente, perdendo conexão com o mundo vivenciado pelos estudantes, dificultando uma aprendizagem significativa. É muito comum, no ensino de ciências, a situação na qual o estudante verbaliza corretamente um conceito ou a resolução de determinado exercício sem, contudo, resolver o mesmo do ponto de vista do cálculo matemático de maneira correta.

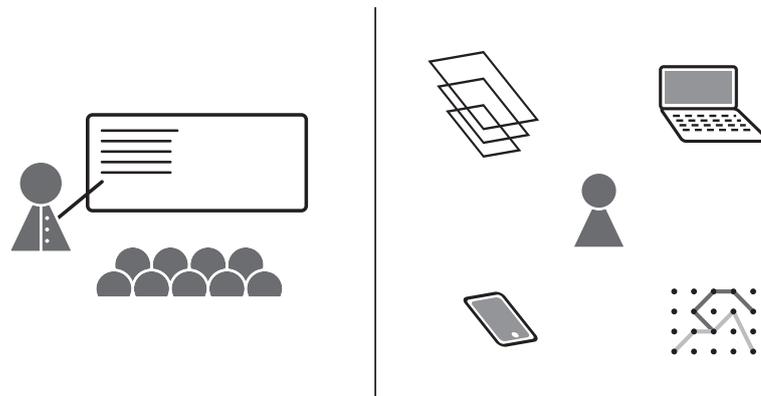
Outra característica que dificulta o ensino de física diz respeito à sua cristalização enquanto utilização de abordagens pedagógicas tradicionais. Aulas expositivas com relações hierárquicas bem definidas e o uso mínimo de instrumentos pedagógicos que não sejam o livro didático, o quadro e o pincél, estão presentes em muitas salas de aula, tendo-se o professor como figura central do processo de ensino-aprendizagem e portador do conhecimento e o estudante como receptor passivo dos conteúdos. Embora muitas teorias e abordagens pedagógicas tenham surgido ao longo dos anos, tais como as teorias cognitivistas, humanistas e sócio-culturais (OSTERMAN E CAVALCANTI, 2011), vindas da psicologia, da pedagogia e do próprio ensino de ciências, as quais propõem abordagens mais horizontais e empáticas na relação professor-estudante, métodos mais ativos de aprendizagem e foco maior na figura do próprio estudante, o que se observa são que poucas transformações ocorreram neste meio, especialmente no ensino público onde, tradicionalmente, as mudanças ocorrem a passos lentos.

Para completar o quadro, soma-se a este cenário a nova geração de estudantes que nasce imersa neste ambiente tecnológico-informacional. Acostumados a lidar com um fluxo enorme de informações que chegam a eles a partir de múltiplas interfaces e suportes, fragmentadas e materializadas por meio de imagem, vídeo e som, suas formas de apreensão do mundo escapam da linearidade com que a maioria das pessoas estava acostumada há 30 ou 40 anos atrás. Além disso, é sabido que a pertinência da memorização de determinados tipos de informação deixou de existir (embora alguns professores ainda não saibam disso) muitas vezes pela extrema facilidade com que são acessadas. Não há relevância, por exemplo, em se saber decorado todos os rios pertencentes à Bacia Amazônica se essa informação está há menos de um segundo de uma pesquisa no Google. Resumindo, a quantidade de informação e a velocidade com que se ela se propaga, se desdobrando em múltiplos meios e aparatos de consumo, são constantes na vida do jovem de hoje. Flusser descreve este contexto:

Está surgindo um novo método de fabricação, isto é, de funcionamento: esse novo homem, o funcionário, está unido aos aparelhos por meio de milhares de fios, alguns deles invisíveis: aonde quer que vá, ou onde quer que esteja, leva consigo os aparelhos (ou é levado por eles) [...] Graças aos aparelhos, todos estarão conectados com todos onde e quando quiserem, por meio de cabos reversíveis, e, com esses cabos e aparelhos, todos poderão se apropriar das coisas existentes, transformá-las e utilizá-las (FLUSSER, 2007).

Autonomia, formas ativas de aprendizado, utilização dos recursos de hipermídia, expansão da sala de aula para além das fronteiras espaciais e temporais da escola, são características imprescindíveis para qualquer estratégia de ensino que queira ser efetiva. O choque entre o mundo vivenciado pelos estudantes e a forma como o processo de ensino-aprendizagem é conduzido atualmente contribui em larga medida para o desinteresse dos estudantes pela escola e, conseqüentemente, para os altos índices de reprovação e evasão escolar (Figura 1).

Figura 1 – O contraste entre a realidade escolar e aquela vivenciada pelo estudante



Fonte: produzido pelo autor

Diante deste contexto, podemos imaginar a urgência de novos paradigmas educacionais que abarquem todas essas transformações. Para isso, uma grande variedade de artefatos educacionais tem sido proposta já há alguns anos, dentre as quais podemos citar: (a) a Educação à distância (EAD), muitas vezes em conjunto com os ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs), tem proporcionado novas formas de ensino, flexibilizando os momentos de aprendizagem de modo que estes não se circunscrevam exclusivamente aos espaços físicos e temporais de escolas e universidades, fomentando um acesso cada vez maior dos indivíduos à educação formal e à chamada educação para toda a vida, muito demandada atualmente, na qual espera-se que as pessoas estejam sempre se atualizando de modo a lidar com as questões que surgem em seus contextos profissionais, sociais e tecnológico-informacionais; (b) os aplicativos para celulares e *tablets*, muitos focados em formas autônomas e engajadoras de aprendizagem, como os jogos educativos, por exemplo, têm permitido diferentes maneiras no desenvolvimento de conteúdos e conceitos desde os mais básicos, como aqueles para alfabetização de crianças ou de princípios aritméticos elementares, até os mais complexos tais como, línguas estrangeiras e linguagens de programação; (c) simulações computacionais, vídeo-aulas e lousas interativas, muito utilizadas de maneira separada ou em conjunto para promover dinamismo às aulas, diversificando a construção de conceitos a partir de diferentes expressões de linguagem, característica muito comum aos estudantes nascidos em meio ao mundo informacional e tecnológico, assim como proporcionar noções mais tangíveis de muitos desses conceitos ensi-

nados, especialmente no ensino de ciências da natureza, onde nem sempre aparatos experimentais são possíveis.

Existem iniciativas por parte do Governo Brasileiro, de universidades, de organismos não governamentais e de instituições privadas que focam no desenvolvimento de pesquisas relacionadas a estas novas ferramentas educacionais e aos seus impactos, assim como na concepção e implementação destes artefatos nos ambientes de ensino-aprendizagem. Contudo, há uma série de barreiras que impedem a modernização e adequação do universo educacional à era da informação de forma efetiva.

No entanto, antes de avançarmos na discussão, neste relato nos referimos ao conjunto de artefatos, ferramentas e dispositivos aplicados ao contexto educacional que se apropriam das características e das transformações causadas pela revolução informacional e tecnológica, como objetos de aprendizagem. Este termo engloba ferramentas aplicadas no ambiente escolar independentemente de suas naturezas, ou seja, um vídeo, uma simulação computacional, uma interface para computadores, um aplicativo para celular, um *kit* de ciências, que possam ser utilizadas sozinhas ou em conjunto.

Partindo dessa terminologia, devemos estar cientes de que a implementação de um objeto de aprendizagem *per se* não garante sucesso no aprendizado de competências e habilidades requeridas aos estudantes. Não garante também a apropriação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) por parte dos professores, nem sua satisfação no ofício de ensinar, ou ainda, que as aulas de um modo geral se tornem melhores, que o ensino como um todo seja mais eficiente. Temos que ter em mente que os males e as dificuldades da educação não desaparecem unicamente pelo fato de inserirmos um objeto de aprendizagem nesses locais. De acordo com Moraes:

O fato de integrar imagens, textos, sons, animação e mesmo a interligação de informações em sequências não-lineares, como as atualmente utilizadas na multimídia e hipermídia, não nos dá a garantia de boa qualidade pedagógica e de uma nova abordagem educacional. Programas visualmente agradáveis, bonitos e até criativos, podem continuar representando o paradigma instrucionista, ao colocar no recurso tecnológico uma série de informações a ser repassada ao aluno (MORAES, 1996).

Há, ainda, um problema recorrente ao se utilizar um objeto de aprendizagem que diz respeito à lacuna existente entre a sua utilização e as práticas de ensino-aprendizagem de determinado contexto. Essa lacuna pode surgir por causas diversas. Uma delas refere-se à forma como os objetos de aprendizagem são concebidos e implementados. As realidades e contextos de sala de aula são diversas, especialmente em um país de dimensões continentais como o Brasil, mas por questões econômicas, políticas e culturais, o projeto e a concepção da maioria dos objetos de aprendizagem ocorrem à parte dos contextos em que serão implementados.

Podemos citar um exemplo, quando o governo investe quantia significativa de recursos para a compra de *tablets* equipados com programas que facilitam o planejamento e a condução de atividades dentro de sala de aula, mas determinada escola não possui rede *Wi-Fi* de qualidade ou os professores não possuem capacitação suficiente para utilizá-los, esses equipamentos acabam sendo esquecidos ou subutilizados, impactando minimamente na construção de um ensino que dialogue em um grau maior com a realidade informacional e conectada em que vivemos.

Ao simplesmente se inserir determinada ferramenta, sem que haja um estudo ou adaptação dessa iniciativa àquela realidade escolar, seu uso fica comprometido. É necessário que se pense nesse contexto de aplicação, sob pena da utilização daquele objeto se transformar em um simples paliativo ou em elemento meramente decorativo. Indo além, as práticas de ensino-aprendizagem também devem ser adaptadas e/ou reconcebidas para a utilização de novas ferramentas educacionais, pois são elas que irão estruturar o processo educativo e guiar seus atores, estudantes e professores, durante a utilização dessas ferramentas.

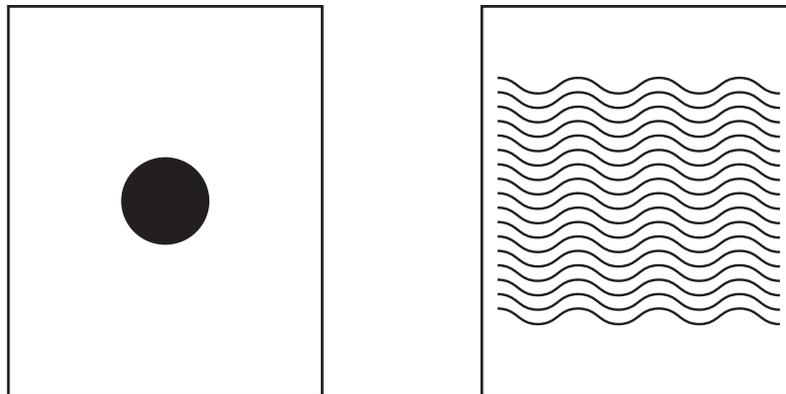
O problema se resume, em grande parte, a uma abordagem de projeto descendente, na qual a solução para o problema precede o próprio problema. Objetos de aprendizagem são projetados sem que se leve em consideração o contexto de aplicação, as práticas de ensino-aprendizagem, sem que as características particulares de cada escola enquanto estrutura física, técnica e humana, corpo docente e discente sejam apreendidas, analisadas e interpretadas. O resultado é uma ferramenta de aprendizagem que não adere completamente ao seu contexto de aplicação, que sempre é encarada como objeto estranho no contexto de sala de aula.

Portanto, uma maneira possível de tornar um objeto de aprendizagem parte indissociável do contexto escolar é que a sua concepção ocorra juntamente a uma

nova estratégia de ensino-aprendizagem. Assim, o foco sobre o objeto é desviado para o desenvolvimento em conjunto com a nova estratégia, que não só o suporte, mas que também altere as estruturas cristalizadas do ensino de ciências criando um ambiente onde não é possível perceber o que é esse objeto e o que não é. A concepção da estratégia e do objeto seriam, dessa maneira, parte de um único processo.

A partir de uma analogia inspirada no conceito de dualidade partícula-onda, da física quântica, o objetivo deste processo, em resumo, é fazer com que o objeto de aprendizagem, concebido em conjunto com uma estratégia de ensino-aprendizagem, se comporte como um campo (onda) permeando todo o espaço da sala de aula, exercendo sua influência de forma não localizada (descentralizada), ao contrário do que ocorre com a forma tradicional de desenvolvimento desses artefatos, na qual eles se comportam como partículas, restritos e contidos a uma dada região particular (Figura 2).

Figura 2 – Objeto de aprendizagem concebido como partícula (esquerda) e como campo (direita)



Fonte: produzido pelo autor

Nesse sentido, supomos que uma forma de se projetar e implementar uma estratégia de ensino-aprendizagem, que impacte de maneira positiva no contexto educacional, passa por uma abordagem de design. Por design podemos entender “o exercício das capacidades projetuais para interpretar as necessidades de grupos sociais e elaborar propostas viáveis, emancipatórias, em forma de artefatos instrumentais e artefatos semióticos” (BONSIEPE, 2011). Entrando no campo das ciências da natureza, Bonsiepe fala ainda da possibilidade de relação deste com a área do design, que o presente trabalho tem o intuito de fortalecer:

Enquanto as ciências enxergam o mundo sob a perspectiva da cognição, as disciplinas de design o enxergam sob a perspectiva do projeto. Essas são duas perspectivas diferentes que, oxalá, no futuro, acabem se fundindo. Estou convencido de que, no futuro, haverá uma interação frutífera entre o mundo das ciências e o mundo do projeto que, hoje, se dá, no máximo, esporadicamente (BONSIEPE, 2011).

Voltando, no entanto, à abordagem de design utilizada nesta pesquisa, podemos entendê-la como composta por características, especificidades, metodologias e enfoques que decorrem da adaptação do campo do design a esse novo mundo baseado em informação e tecnologia (design contemporâneo), e de algumas de suas áreas específicas, tais como design de interação, design da informação e design de serviços. Essas áreas não foram escolhidas ao acaso, mas sim com base em suas características particulares que, como será visto adiante, se adequam aos desafios impostos à educação científica atual.

1.2 Objetivos

Haja vista estas considerações, partimos da hipótese de que existem aspectos relacionados ao campo do design e, mais especificamente, do design de interação, design da informação e design de serviços, que se adequam satisfatoriamente à realidade informacional e tecnológica na qual estamos inseridos e que podem ser utilizados na concepção e inserção de uma intervenção que impacte positivamente no contexto do ensino de ciências.

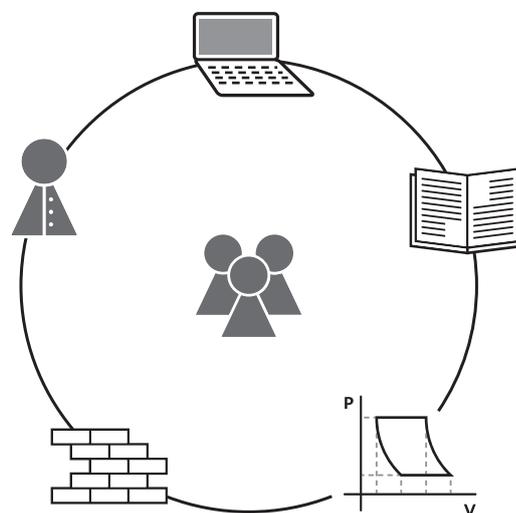
Como desdobramento, o objetivo geral deste trabalho é investigar os impactos do uso de uma abordagem de design na concepção de uma estratégia de ensino-aprendizagem para o conteúdo “máquinas térmicas” da segunda etapa do terceiro segmento da Educação de Jovens e Adultos (EJA) (equivalente ao segundo ano do ensino médio) na escola Centro Educacional 06 de Ceilândia (CEd 06).

Como objetivos específicos, podemos elencar: (a) Entender o contexto tecnológico e informacional no qual os estudantes e professores da educação básica estão inseridos; (b) Analisar a forma como o processo de ensino-aprendizagem de física se estabelece no cenário das TICs; (c) Desenvolver uma estratégia de ensino-apren-

dizagem sob a ótica de uma abordagem de design que articule ferramentas educacionais, professores e estudantes de forma sistêmica e contextualizada; (d) Avaliar os impactos da concepção e implementação da estratégia de ensino-aprendizagem no contexto aplicado.

Resumidamente, este trabalho visa a concepção de uma estratégia de ensino-aprendizagem, a partir de uma abordagem de design, situando o contexto escolar no meio tecnológico e informacional atual, estabelecendo um sistema composto por ferramentas e suportes digitais como sites, vídeos, celulares, computadores em conjunto com ferramentas de natureza analógica como apostilas, infográficos impressos e experimentos de ciências, que coloque os estudantes no centro do processo de ensino-aprendizagem e que proporcione uma aprendizagem significativa, ajudando-os, a partir de uma relação menos hierarquizada e mais empática com o professor, na construção de conceitos pertinentes à física e também extrapolando estes conceitos para o cotidiano de cada um. A figura 3 ilustra estes objetivos:

Figura 3 – Representação dos objetivos da investigação



Fonte: produzido pelo autor

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nosso trabalho está situado em um mundo no qual as transformações contínuas, nos mais variados aspectos de nossa sociedade, decorrentes dos grandes fluxos de informação e da permanente evolução tecnológica tem se tornado a única constante possível. Desse modo, para que possamos problematizar e propor soluções para o contexto educacional é imprescindível que nos situemos de acordo com as características e necessidades ensejadas por essa sociedade contemporânea, minimizando os riscos de continuarmos a propor soluções que funcionem na teoria, mas que falhem na prática.

Portanto, nossa revisão de literatura parte da descrição de como está estruturado o mundo contemporâneo a partir dos enfoques das áreas da cibercultura e da complexidade, questionando sobre quais seriam as formas de pensamento mais adequadas e de que modo podemos atuar nessa nova realidade. Logo em seguida, nos concentramos no contexto educacional, discutindo sobre os porquês das dificuldades da escola e dos métodos educacionais em acompanhar as transformações porque passa a realidade de todos a sua volta, incluindo professores e estudantes. Finalmente, estabelecemos o design (e seus campos particulares) como área do conhecimento possivelmente adequada para promover a ligação entre o mundo descrito pela cibercultura e a complexidade e o contexto educacional, percorrendo sobre o pensamento característico dessa área, suas formas de atuação e as ferramentas disponíveis para tal promoção.

2.1 O mundo contemporâneo e as dificuldades de atualização da escola pública

Como já mencionado, o mundo tecnológico e informacional traz uma série de impactos na forma como lidamos com a realidade que nos cerca. De acordo com Rüdiger (2007), “através da cibercultura, o pensamento tecnológico está conquistando novo patamar, mais cotidiano e generalizado, passando a diversificar suas pretensões fan-

tasiosas e dimensão metafísica”. Ainda nessa linha de pensamento, segundo Santaella (2003), “a tecnologia computacional está fazendo a mediação das nossas relações sociais, de nossa autoidentidade e do nosso sentido mais amplo de vida social”.

Desse modo, a complexificação do mundo contemporâneo decorre dessa naturalização do pensamento tecnológico que, intimamente ligado ao aumento exponencial dos fluxos informacionais, antes de ser visto apenas sob uma lógica instrumental, transforma nossa sociedade de forma irreversível. De acordo com Santaella:

Com o desenvolvimento das tecnologias da informática, especialmente a partir da convergência explosiva do computador e das telecomunicações, as sociedades complexas foram crescentemente desenvolvendo uma habilidade surpreendente para armazenar e recuperar informações, tornando-as instantaneamente disponíveis em diferentes formas para quaisquer lugares (SANTAELLA, 2003).

Segundo Cardoso (2011), “por complexidade, entende-se um sistema composto de muitos elementos, camadas e estruturas, cujas inter-relações condicionam e redefinem continuamente o funcionamento do todo”. O ambiente escolar, por exemplo, pode ser interpretado como uma rede de complexidade, com seus atores, estruturas e demais constituintes imersos em toda uma sorte de circunstâncias particulares, se redefinindo e se metamorfoseando, em constante relação uns com os outros, ininterruptamente.

Portanto, a característica essencial dos sistemas tidos como complexos é que as relações entre os entes que compõem o todo, além de serem demasiado numerosas, só podem ser apreendidas quando estes estão inseridos no todo, ou seja, o paradigma reducionista não consegue captar a totalidade de um meio complexo. Dessa forma, é necessário ter em mente que a redução deste em pequenas partes não pode ser interpretada como um processo completo de apreensão, mas sim como uma etapa deste processo. Conforme afirma Vassão:

Compreender algo envolve, quase que sempre, sua redução, mas acreditar que essa redução da representação basta para suprir uma representação definitiva é um problema grave, e possivelmente um erro também grave (VASSÃO, 2010).

Assim sendo, apreender uma representação complexa surge do exercício constante de transição do olhar para as partes e para o todo. De acordo com Morin (2007), “torna-se necessário um paradigma de complexidade que, ao mesmo tempo disjunte e associe, que conceba os níveis de emergência da realidade sem reduzi-los às unidades elementares e às leis gerais”.

É nesse cenário, portanto, que os enfoques e metodologias vindos do Design se configuram, como será visto mais adiante, em importantes ferramentas para a construção de soluções que impactem de maneira positiva no contexto de ensino-aprendizagem.

Voltando nossa atenção para esse contexto, de acordo com Moraes (1996), o formato tradicional da educação decorre da associação de várias correntes de pensamento da cultura ocidental, dentre elas, a Revolução Científica, o Iluminismo e a Revolução Industrial, que ocorreram entre os séculos XVII e XIX e culminaram no modelo de ciência positivista fortemente amparado na ideia cartesiana de compreensão da realidade.

Se por um lado esse modelo foi capaz de promover o acesso à educação de um número cada vez maior de pessoas, por outro, dele surgiu uma série de problemas que afligem a área educacional, mas que tomaram uma dimensão muito maior no atual contexto em que vivemos, conforme já abordado no tópico anterior sobre a problemática.

Dessa maneira, a separação artificial das áreas do conhecimento por meio de disciplinas fechadas em si mesmas, distantes da realidade prática vivenciada pelos estudantes; a forma como o conteúdo é desenvolvido e avaliado, primando por uma apreensão de conhecimento de forma engessada, estática, atrelada ao passado, enfatizando a memorização e a permanência daquilo que já ocorreu; a organização escolar por meio de turmas, com separação dos estudantes por idade, nível de instrução, comportamento; a hierarquia estabelecida entre professor e estudante, assim como a passividade deste último durante todo o processo de aprendizagem são características que se desdobram, em grande medida, do paradigma cartesiano.

No entanto, desde a sua consolidação enquanto prática formal, várias vezes a educação foi pensada de modo que seus problemas e limitações pudessem ser compreendidos e resolvidos. Tal movimento reflexivo partiu de várias áreas do conhecimento, como a Filosofia, a Psicologia, a Pedagogia e o Ensino de Ciências. Pensa-

dores como Piaget, Rogers, Freire, Kuhn, Morin e muitos outros problematizaram a educação a partir de variadas óticas, umas priorizando os aspectos cognitivos do processo de ensino-aprendizagem, outras seus aspectos emocionais, sociais e interpessoais, outras ainda sobre a forma como o conhecimento de maneira geral se desenvolve e assim por diante, propondo formas de como interpretar e desenvolver o potencial emancipador da educação, ressignificando o papel dos atores do contexto escolar e suas relações com a cultura e a sociedade.

Para Rogers (2010), por exemplo, uma aprendizagem significativa seria aquela na qual os estudantes têm papel ativo no processo. O professor seria, neste contexto, um facilitador com a função de instigar a curiosidade e a busca pela realização dos desejos e objetivos dos estudantes, estaria a cargo do professor a tarefa de despertar e potencializar todas as dimensões dos estudantes, não só a dimensão cognitiva e objetiva, de resolução de problemas e memorização de informações, mas sua dimensão afetiva e criativa. Para atingir esses objetivos, Rogers (2010) fala no estabelecimento e no exercício constante de uma relação empática, na qual o professor se coloca no lugar dos estudantes e está sempre atento aos seus interesses e anseios. A atenção voltada para o processo e não para o fim também é uma característica importante no seu pensamento:

A aprendizagem mais socialmente útil, no mundo moderno, é a do próprio processo de aprendizagem, uma contínua abertura à experiência e à incorporação, dentro de si mesmo, do processo de mudança (ROGERS, 2010).

Freire (2011), em sua *Pedagogia da Autonomia*, se volta para a Educação de Jovens e Adultos e defende que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (FREIRE, 2011). Segundo o autor, é necessário que o professor esteja ciente do seu papel enquanto agente fomentador do potencial emancipador que a educação pode conferir ao estudante, tornando-o consciente do seu lugar na história e na sociedade e apto a intervir de forma ativa, construtiva e cidadã na mesma. Outro aspecto relevante de sua pedagogia, diz respeito à consideração dada pela história de vida pregressa do estudante que adentra à sala de aula tardiamente:

Não é possível respeito aos educandos, à sua dignidade, a seu ser formando-se, à sua identidade fazendo-se, se não se levam em consideração as condições em que eles vêm existindo, se não se reconhece a importância dos “conhecimentos de experiência feitos” com que chegam à escola. (FREIRE, 2011)

Outro exemplo que citamos é o de Morin (2003), discorrendo sobre qual a educação ensejada pela realidade atual, complexa e baseada em grandes fluxos de informação, defende que o excesso de conhecimento escapou do controle humano que, impossibilitado de interpretar este novo mundo acaba virando refém dele. A solução seria uma educação que estabeleça ligações entre os diversos campos do conhecimento de forma extensiva, a partir de um pensamento ecologizante (MORIN, 2003), permitindo que os indivíduos não só possam ver as partes, mas também o todo, estando aptos a enfrentar os problemas globais que afligem suas realidades. No que diz respeito aos atores do contexto escolar, o autor defende uma integração maior entre professores e estudantes, na qual o professor deve se esforçar para dialogar com o mundo da cultura dos jovens e adolescentes, de modo a tornar aquilo que ensina mais significativo para eles: “Trata-se, em suma, de promover o conhecimento e o reconhecimento mútuos de dois universos, sobrepostos um ao outro, que, no entanto, não se conhecem” (MORIN, 2003).

Contudo, diante de todos esses exemplos e apesar da quantidade de pensadores e teorias a respeito da educação, da escola e das práticas de ensino-aprendizagem, os quais são largamente ensinados em cursos de licenciatura e pedagogia nas universidades brasileiras, a realidade de sala de aula, especialmente no ensino de física, continua a contemplar os métodos mais tradicionais de ensino, comportando todos os problemas subjacentes a essas práticas. Diante disso, surge a seguinte pergunta: por qual motivo práticas de ensino mais alinhadas aos dias de hoje, já propostas há várias décadas, não estão presentes nas salas de aula típicas?

Uma possível resposta está relacionada ao modo descendente sobre como as tentativas de transformação do cenário educacional e, conseqüentemente, das práticas de ensino-aprendizagem se dão no contexto do ensino brasileiro (MORAES, 1996). As iniciativas que partem de políticas de Estado almejam mudanças em todo o sistema e, ao pensar de forma dedutiva, do geral para o específico, o Governo Brasileiro

uniformiza todo o universo escolar e seus atores, desconsiderando as particularidades locais, sejam elas físicas, econômicas, culturais, sociais e humanas que coexistem dentro de cada contexto específico. Como desdobramento dessa uniformização e pela extensão das reformas e programas, a maneira como acontecem as transformações no sistema educativo necessariamente é menos inovadora, incorrendo na manutenção de práticas conservadoras de ensino, perpetuando o paradigma analítico-reducionista.

Embora políticas governamentais ensaiem mudanças que rompam com o antigo paradigma educacional, estas, muitas vezes, acabam se restringindo ao discurso, não sendo colocadas em prática. Como exemplo, podemos citar o Currículo em Movimento da EJA da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal quando este se refere à inclusão das TICs nas escolas:

A inclusão das tecnologias no currículo da EJA passa pela relação com o cotidiano dos estudantes, as possibilidades de interação e socialização. Faz-se necessário compreender os avanços sociais, históricos e científicos como percursos tecnológicos vividos pela humanidade e alcançar as alternativas de inserção do jovem e do adulto nas tecnologias de forma a ampliar sua participação na sociedade, não apenas como inclusão digital, mas no diálogo com o mundo, problematizando-o de forma crítica, construtiva e criativa (DISTRITO FEDERAL, 2013).

Mesmo que seu discurso esteja bem alinhado com as teorias pedagógicas e educacionais aqui discutidas e que tenha sido desenvolvido com a participação de professores (da educação básica) a partir de reuniões e grupos de trabalho (DISTRITO FEDERAL, 2013), este documento não indica exatamente como operacionalizar todos esses objetivos sob as mais variadas circunstâncias, tais como uma escola de EJA na zona rural ou em uma unidade prisional, por exemplo. Desse modo, o currículo muitas vezes pode ser visto como utópico, pois não considera a realidade própria de cada escola, sua infraestrutura e a comunidade escolar como um todo.

Portanto, podemos concluir que não é a ausência de teorias e pensadores da educação ou, pelo menos em parte, de esforços governamentais que impede a trans-

formação e atualização do ensino para os desafios de nossa sociedade baseada em tecnologia e informação, mas sim a distância entre essas teorias e políticas com o local no qual a educação de fato acontece, a sala de aula, com todos os seus constrangimentos, particularidades e atores. Para que essa distância diminua, é necessário um novo paradigma educacional, livre da perspectiva reducionista, que estabeleça um compromisso com as realidades locais em detrimento das globais, que seja focado nos processos, de modo que estes, e não os resultados, possam ser replicados enquanto estratégias e metodologias para outros contextos e que, acima de tudo, seja centrado no estudante e em suas relações mantidas no ambiente escolar.

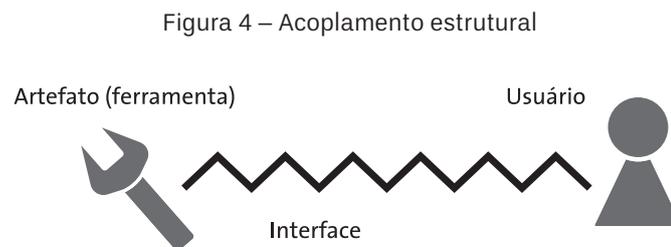
Nesse sentido, acreditamos que o campo do design, a partir de seus processos, formas de pensamento e abordagens, pode contribuir para a reformulação das bases nas quais a estrutura educacional tradicional está construída. Se distanciando do paradigma cartesiano, atuando de forma ascendente e em rede e, exatamente por isso, trazendo soluções que sejam mais aderentes aos variados contextos que coexistem nas redes públicas de ensino, ressignificando o papel do professor, do estudante e da própria escola, o design pode, desse modo, tornar as práticas de ensino-aprendizagem mais alinhadas às demandas que o mundo atual enseja.

2.2 O design como perspectiva

Uma das características definidoras do design é a de ser uma área do conhecimento que atua de forma transversal a outras áreas. Essa presença não localizada, que permeia as áreas das humanidades, das linguagens e das ciências da natureza, elege o design como possível ferramenta para articular constructos e artefatos inseridos nos mais diversos contextos.

Segundo Bonsiepe (1997), o termo Design “se refere a um potencial ao qual cada um tem acesso e que se manifesta na invenção de novas práticas da vida cotidiana”. Dessa maneira, o design estaria relacionado ao domínio da ação humana, não pertencendo, especificamente, à uma área ou outra. Além disso, estaria também relacionado à inovação, mas uma inovação orientada às necessidades de uma comunidade (BONSIEPE, 1997), com o objetivo de resolver seus problemas, sejam eles quais forem. Dessa maneira, o autor define que a tarefa do design consiste em um processo denominado acoplamento estrutural (MATURANA e VARELA, 2004), que sig-

nifica acoplar os artefatos, sejam eles materiais ou imateriais, ao corpo humano, com vias a atingir uma ação efetiva, ou seja, satisfazer uma necessidade, humana ou social. Portanto, a área de atuação do design se encontra, essencialmente, na interface entre os artefatos (ou sistemas) e o corpo humano (Figura 4).



Fonte: adaptado de Bonsiepe (1997)

Essa interpretação do design, atuando como mediador entre os artefatos e sistemas e as pessoas com o objetivo de impactar suas vidas é importante para justificar o uso das abordagens de design para a solução de problemas dos mais variados campos no atual contexto tecnológico e informacional.

Como se sabe, a partir dos anos 1990, devido à popularização dos computadores pessoais, assim como da Internet e da conversão de uma infinidade de equipamentos analógicos para o ambiente digital, muitos dispositivos se complexificaram gerando problemas de interação até então inexistentes (SAFFER, 2010). A hipermídia, com informações visuais, sonoras, audiovisuais e o hipertexto com seu sistema de escrita não sequencial e a-linear, estruturados a partir de uma organização reticulada e não hierarquizada (SANTAELLA, 2003) também se tornaram parte do cotidiano das pessoas. Todas essas características se desdobraram em um aumento exponencial de complexificação das interfaces.

Se as interfaces se tornaram mais complexas ao longo das últimas décadas e, como já mencionado, sabendo que elas são o objeto de atuação do design, naturalmente este se tornou uma área de grande importância no mundo contemporâneo. De acordo com Cardoso:

Por ser uma área voltada, historicamente, para o planejamento de interfaces e para a otimização de interstícios, ela tende a se ampliar à medida que o sistema se torna mais complexo e à medida que au-

menta, por conseguinte, o número de instâncias de inter-relação entre suas partes (CARDOSO, 2011).

Vale ressaltar que essa dinâmica está longe de cessar o seu movimento em direção a um aumento de complexidade nas interações das pessoas com os artefatos, que fazem a mediação entre elas e a realidade, haja vista o surgimento de novas tecnologias como a realidade aumentada, a realidade virtual, a Internet das coisas, entre outras. Vassão (2010) fala sobre o aumento da importância das interfaces na realidade a qual todos estamos inseridos atualmente: “Com a ascensão da chamada computação ubíqua (UbiComp), o próprio ambiente urbano se converte em espaço de disputa na composição dos meios de interação computacionais.”

Diante deste quadro de constante mudança, o design enquanto atividade projetual precisou evoluir, desenvolvendo um ferramental metodológico que permitisse lidar com as transformações pelas quais a sociedade tem passado ao longo dos últimos anos. Segundo Bürdek (2010), até os anos 70 os métodos do design eram orientados em sua maioria dedutivamente (métodos descendentes), influenciados pelas metodologias vindas das ciências naturais. No entanto, a partir dos anos 80, em um deslocamento para os métodos das ciências humanas, passou-se a trabalhar de forma mais indutiva, o que significava se perguntar para quem, ou para que grupo específico, um projeto especial devia ser colocado no mercado (método ascendente). Mais adiante, nos anos 90, frente as necessidades advindas da constante digitalização, esses métodos evoluíram para um distanciamento da linearidade do processo de projeto (problema-análise-solução), se baseando em saltos associativos e processos heurísticos, assim como formas alternativas de estruturação e representação de problemas, que se tornavam cada vez mais complexos (BÜRDEK, 2010).

À medida em que os problemas saíram da concretude e materialidade em direção à perda de tangibilidade, características de natureza mais subjetiva como, por exemplo, métodos intuitivos, livre associação de ideias, empatia, afetividade e emoção foram sendo paulatinamente incorporadas à gramática do design e, como desdobramento, houve um deslocamento do foco naquilo que se produzia no sentido de para quem se produzia, trazendo o usuário para o centro das atenções e, desse modo, dando ênfase em como este se portava frente à apreensão e manejo (do ponto de vista sensorial e simbólico) de artefatos e sistemas. Resumindo, temos que:

Os problemas sensoriais passam cada vez mais a ter importância no design: o que nos faz questionar cada vez menos sob o ponto de vista metodológico como se deve projetar produtos, mas muito mais que produtos devem ser projetados em geral (BÜRDEK, 2010).

A partir deste cenário e voltando aos processos de atuação do design, sua natureza interventiva e abordagem metodológica não são, portanto, condicionadas exclusivamente aos padrões e regras tradicionalmente provenientes de métodos analíticos e reducionistas. Associado a estes processos, outras formas de pensamento subsidiam as metodologias provenientes do design e promovem um percurso metodológico que é constantemente alternado entre (a) processos divergentes, de natureza criativa, são relacionados a atividades de análise e de construção de ideias e hipóteses, buscando por meio da materialização e visualização destas, saltos associativos e soluções inovadoras sem a preocupação direta com requisitos ou constrangimentos demandados por uma situação real de aplicação e (b) processos convergentes, de natureza pragmática, são relacionados a atividades de síntese, nas quais há a filtragem e tangibilização dessas ideias e hipóteses que melhor se adaptam a uma dada situação ou contexto real de aplicação (SILVA, 2015; CAVALCANTI e FILATRO, 2017) por meio do estabelecimento de cenários, jornadas de usuário e prototipação em diversas escalas de complexidade e fidelidade.

Nesse sentido, a partir dessas características, acreditamos que o design pode vir a ser um importante elemento de articulação entre as teorias pedagógicas já existentes, as políticas de implementação e desenvolvimento das TICs no meio escolar e os estudantes e professores. Para tanto, nesta investigação, utilizamos as abordagens de design sob um aspecto mais geral, relacionado à forma como o processo de ensino-aprendizagem pode ser modificado em busca de uma escola mais atual e alinhada aos desafios do mundo contemporâneo, e em um nível mais particular, com atenção a alguns de seus campos específicos, voltado para quais dispositivos e ferramentas de construção do conhecimento são mais adequados para constituir essa estratégia.

No nível mais geral, o pensamento de design portado para uma situação de ensino-aprendizagem dialoga com as metodologias ativas de aprendizagem, como a aprendizagem baseada em problemas e por projetos (ABPP). Neste tipo de metodo-

logia o estudante é colocado no centro do processo e, a partir de uma situação problema, no geral vinculada diretamente à sua realidade prática e social, é coautor da construção de seu próprio conhecimento apoiado em conceitos desenvolvidos de forma sistêmica e colaborativa por meio de projetos que tem como intuito criar artefatos, sistemas ou ideias que solucionem o problema em questão. Dessa maneira, a ABPP é um caminho que se mostra coerente com as visões construtivistas e ativas, como as de Paulo Freire e Piaget, pois permite que a partir de problemas o sujeito ativo possa buscar soluções enquanto desenvolve um projeto embasado em situações reais (CAVALCANTI e FILATRO, 2017).

Quando estes projetos, inseridos em um contexto de aprendizagem, se apropriam dos métodos e da forma de pensar particular do design, tal ação caracteriza um outro tipo de metodologia chamada de aprendizagem baseada em design (DBL, na sigla em inglês). Como consequência, a aprendizagem baseada em design permite que os estudantes vivenciem a construção cognitiva de conceitos como um resultado do ato de projetar e construir artefatos criativos e inovadores, iniciando o processo de aprendizagem de acordo com suas próprias capacidades, preferências e estilos de aprendizado (DOPPELT *et al.*, 2008) sendo estimulados a explorar, criar e experimentar (CAVALCANTI e FILATRO, 2017) por meio de trabalho colaborativo e em rede.

Ainda, na aprendizagem baseada em design, assim como ocorre em outras formas de ABPP, os conceitos são construídos a partir das necessidades dos estudantes frente a um problema, tornando-se mais significativos, já que se mostram úteis para determinada situação prática em questão. Este processo é o inverso do que ocorre nas formas tradicionais de ensino de ciências, nas quais os conceitos são ensinados previamente e só então aplicados em alguma situação genérica por meio de exercícios teóricos ou atividades similares, se distanciando da realidade dos estudantes e de suas experiências de vida.

Voltando nossa atenção para o nível mais particular, sabemos que alguns campos específicos do design se desenvolveram nos últimos trinta anos, de certa forma, como resposta aos problemas surgidos a partir do cenário tecnológico e informacional em que vivemos e, exatamente por isso, trazem enfoques relevantes para a nossa investigação. São especialmente importantes os campos: (a) design de interação; (b) design da informação; e (c) design de serviços.

O design de interação surgiu em um contexto de aumento da complexidade de produtos, serviços e sistemas que, apesar de agregarem cada vez mais funções, ao contrário de facilitar a vida de seus usuários, não eram apreendidos por eles, causando diversos problemas de uso gerando sensações de tédio, irritação, confusão, etc. Estes problemas estavam relacionados à forma como esses artefatos eram projetados, com ênfase na execução de suas funções e não em quem poderia utilizá-los (ROGERS, SHARP e PREECE, 2013).

Portanto, a partir de uma abordagem centrada no usuário e atuando junto a outros campos do conhecimento e disciplinas, desde áreas de ciências exatas e humanas até aquelas ligadas à tecnologia e a indústria, o design de interação se desenvolve para contornar esses problemas. Seu enfoque parte de uma perspectiva de que os produtos e serviços devem ser criados tendo em mente às necessidades das pessoas, reduzindo aspectos negativos da experiência do usuário tais como frustração, aborrecimento e ao mesmo tempo reforçando aspectos positivos, como por exemplo, divertimento e compromisso (ROGERS, SHARP e PREECE, 2013). Portanto, ele está relacionado ao comportamento das pessoas, em especial à maneira como interagem, mediados por máquinas, sistemas ou artefatos (SAFFER, 2010).

Embora esteja geralmente ligado ao desenvolvimento de interfaces para computador e outras tecnologias relacionadas, este campo do design não se restringe somente a essas áreas. Por exemplo, no contexto do ensino de física, no desenvolvimento de ferramentas ou estratégias didáticas é essencial que se adote uma abordagem centrada no estudante e no professor, identificando suas necessidades e contextos de uso. Mas suas interfaces não devem se resumir necessariamente a *softwares* ou aplicativos, elas podem se manifestar também de outros modos, por exemplo, um jogo educativo de tabuleiro ou um conjunto de experimentos de ciências.

Por outro lado, diante de um mundo hipermidiático, com fluxos de informação sendo transmitidos a partir de variados suportes, o design de interação pode conferir maior significado a uma série de ferramentas educacionais, como simulações de computador, vídeoaulas, aplicativos de celular, a partir de análises sobre como estas ferramentas são percebidas e processadas pelos estudantes, qual a carga cognitiva que demandam e formas de otimizar seu uso, de modo que estas possam apresentar conceitos científicos que muitas vezes não são compreendidos pelos estudantes

em situações tradicionais de ensino, aprimorando as experiências positivas entre professores, estudantes e estes recursos didáticos.

No entanto, durante os processos que decorrem do design de interação, a maneira como a informação se apresenta, em termos de organização e expressão visual, é imprescindível para tornar viáveis os processos comunicativos e as experiências de aprendizagem. Neste contexto, surge a conexão com o design da informação.

O design da informação também possui uma natureza multidisciplinar, agregando diversas áreas como o próprio design de interação, design gráfico, arquitetura da informação, design de experiência do usuário entre outros (BAER, 2008), com o propósito de filtrar, organizar e representar dados e informações de modo que estes façam sentido e se tornem mais significativos para as pessoas e para a sociedade em geral, proporcionando a geração de novos conhecimentos, práticas e tecnologias. Como produtos do design da informação podemos citar sistemas de sinalização, representações estatísticas, diagramas esquemáticos, infográficos, etc. De acordo com Meirelles, “todos esses exemplos compartilham o objetivo comum de revelar padrões e relações não conhecidos ou não facilmente apreendidos sem a ajuda de uma representação visual da informação” (MEIRELLES, 2013).

Para a física e demais ciências da natureza, tradicionalmente relacionadas a uma grande quantidade de dados e informação, o design da informação e as estratégias de visualização de dados sempre tiveram importância significativa. A tabela periódica, na química, é um bom exemplo de como a partir de uma boa disposição de dados podemos agrupar, de forma compacta e até relativamente simples, uma quantidade enorme de informações sobre os elementos químicos, criando relações entre eles e suas propriedades químicas e físicas. Outro exemplo, as linhas de campo, presentes no eletromagnetismo, na física, são representações visuais de entes que não podem ser visualizados normalmente na realidade prática e, no entanto, essas linhas foram o ponto de partida para interpretações e conclusões essenciais dentro dessa área. Na matemática, como último exemplo citado, o estudo dos cálculos diferencial e integral sempre esteve atrelado de maneira indissociável a representações gráficas e interpretações geométricas de expressões e funções matemáticas, gerando compreensões que não seriam possíveis sem essas formas de visualização.

No que tange a sala de aula, os variados formatos nos quais a informação se apresenta, por meio de estímulos visuais, sonoros, audiovisuais, provenientes de

TVs, celulares, aparelhos mp3 *player* e outros, são parte do cotidiano dos estudantes. Desenvolver ferramentas que estejam de acordo com essa nova lógica de múltiplos suportes de informação é dialogar com um universo que já é próprio deles e propiciar dinamismo e efetividade às estratégias de ensino-aprendizagem que abarcam essas ferramentas.

Porém, ainda que uma estratégia ou ferramenta de ensino-aprendizagem seja projetada a partir das metodologias e das especificidades inerentes aos dois campos supracitados, isso não garante uma implementação efetiva que possa trazer resultados positivos na apreensão de conceitos de física, pois o design de interação e da informação possuem foco nos elementos constituintes da estratégia, na expressão visual e na forma interativa da mesma. É preciso, no entanto, que se estabeleça um sistema que permita que essas expressões sejam articuladas com uma dada situação de ensino-aprendizagem, os professores e os estudantes.

O design de serviços, portanto, pode ser aplicado ao universo de sala de aula com o objetivo de criar este sistema que possa interligar, de forma holística, os atores envolvidos no contexto educacional, assim como as ferramentas didáticas pertinentes a esse ambiente, reconcebendo suas práticas de ensino-aprendizagem.

Os princípios do design de serviços, de acordo com Stickdorn e Schneider *et al.* (2014), centrado no usuário, cocriativo, sequencial, evidente e holístico, se adequam perfeitamente à nossa problemática. A abordagem centrada no usuário, assim como no design de interação e da informação, em conjunto com a visão holística do design de serviços, confere a essa área a qualidade de articuladora entre os campos do design e da educação quando inseridos no ensino de física.

Quanto aos demais princípios, o envolvimento dos estudantes e professores na cocriação de uma estratégia de ensino-aprendizagem ajuda a externalizar as posições e os questionamentos de cada um desses grupos, facilitando o desenvolvimento de uma comunicação efetiva e empática entre eles, equalizando pontos de vista e diminuindo diferenças. Representar todo esse processo, que pode ser interpretado como um serviço, tornando-o sequencial e evidente é necessário para que se possa tangibilizar o desenvolvimento e implementação dessa estratégia, avaliando seus pontos de contato, impactos na aprendizagem dos estudantes, na satisfação do professor, etc.

Há outro aspecto no qual este campo pode agregar, a saber, no estabelecimento de narrativas ao processo de ensinar. “Assim como qualquer boa peça de teatro ou

filme, um serviço de alta qualidade deve manter um senso de expectativa sem exigir esforço demais do usuário” (STICKDORN e SCHNEIDER *et al.*, 2014). Os processos de encadeamento de ideias e de percepção da realidade tem mudado significativamente, especialmente entre os mais jovens, divergindo da maneira linear como o ensino de física ocorre na maioria das salas de aula. Capturar essas novas formas de narrativa pode ser decisivo para um ensino mais agradável e efetivo, que traga uma relação mais íntima entre aquilo que é ensinado dentro de sala de aula, a partir de uma visão sistêmica entre os conceitos que são desenvolvidos na física e também em outras disciplinas, e o cotidiano dos estudantes.

Concluindo, seja sob um aspecto mais geral, a partir das metodologias ativas de aprendizagem como a aprendizagem baseada em design, seja sob uma ótica mais particular, a partir dos seus campos específicos, vemos que o design pode contribuir positivamente para a concepção de estratégias de ensino-aprendizagem que promovam uma ponte entre as teorias pedagógicas e de aprendizagem, a prática real de ensino de física e demais ciências dentro de sala de aula e o nosso mundo atual, baseado na explosão informacional e tecnológica.

3 MÉTODO

Em decorrência do caráter contextual e sistêmico desta investigação, podemos classificá-la como um estudo indutivo, pois buscamos maior familiaridade com os problemas e questões surgidos no desenvolvimento das relações de ensino-aprendizagem inseridas no contexto tecnológico e informacional, para depois intervir neste contexto de uma forma que esperamos ser positiva.

No que diz respeito ao seu delineamento, este foi baseado, a partir de uma perspectiva mais ampla, no Estudo de Caso e, de forma mais específica, na Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e no processo de design, sendo que podemos interpretar a AET como estando contida nas etapas iniciais do processo de design, que foi utilizado em larga medida na dimensão propositiva da pesquisa. Essas escolhas foram feitas pautadas em determinadas características (apresentadas a seguir) que a nosso ver, se relacionam com o contexto de complexidade no qual situamos este trabalho.

Em relação ao estudo de caso, tal escolha foi feita, pois, de acordo com Gil (2002), “esse tipo de delineamento consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. Ainda, pode ser utilizado com diferentes propósitos, tais como:

- (a) explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- (b) preservar o caráter unitário do objeto estudado;
- (c) descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- (d) explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos (GIL, 2002).

De forma mais específica, optamos por uma abordagem inspirada na Análise Ergonômica do Trabalho, especialmente nas etapas iniciais desta investigação, em grande parte pelo seu enfoque metodológico pautado em duas características essen-

ciais: sentido ascendente de investigação e flexibilidade do delineamento (ABRAHÃO *et al.*, 2009). Ainda, de modo complementar a essas características, temos que:

A ação ergonômica é um processo singular que tem seu início a partir de uma demanda socialmente estabelecida. Os contornos e as formas vão se transformando no contato com a realidade de trabalho, determinando a evolução das etapas, as fases dos processos de trabalho a serem privilegiadas e os recortes da realidade a serem definidos (ABRAHÃO *et al.*, 2009).

Ou seja, a AET é uma metodologia que se apóia em grande medida no contexto de uma dada situação problema e que possui flexibilidade para as reformulações de hipóteses e requisitos ao longo do percurso investigativo. Outro aspecto de grande importância, temos que o pressuposto básico dessa abordagem implica em decompor a atividade de estudo para recompô-la, sob novas bases (ABRAHÃO *et al.*, 2009), levando em consideração (adaptando para o objeto de estudo deste trabalho) a análise da atividade de ensino-aprendizagem e o envolvimento do estudante no processo.

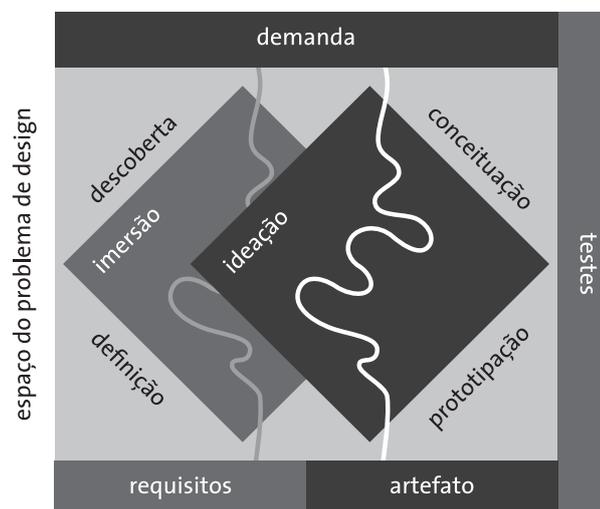
No entanto, embora a AET possa se configurar como importante abordagem para a estruturação do problema de pesquisa, das análises do contexto no qual o processo de ensino-aprendizagem ocorre e das relações que são estabelecidas entre seus atores, bem como com a proposição de requisitos e o estabelecimento de novas bases para uma intervenção, sua natureza é essencialmente prescritiva. Dessa forma, durante o desenvolvimento do percurso metodológico da investigação, o enfoque da AET foi, gradualmente, dando lugar às perspectivas e abordagens do design (de natureza propositiva), voltados para a concepção e implementação de um projeto interventivo no contexto estudado.

Conforme já discutido na etapa da revisão bibliográfica, para lidar com problemas complexos surgidos no contexto tecnológico-informacional, o design se apropria de processos divergentes, de natureza analítica e criativa, relacionados a abertura para a construção de ideias e hipóteses em busca de possíveis soluções, e de processos convergentes, de natureza sintética e pragmática, relacionados ao fechamento de possibilidades e à filtragem destas ideias e hipóteses para a seleção daquelas que melhor se adequam a uma dada situação particular.

Entretanto, quando lidamos com este tipo de problema, muitas vezes o processo divergente/convergente é duplo, uma vez que não só os caminhos e as estratégias para a sua resolução devem ser pensados e compreendidos, mas também a sua própria estruturação, pois, geralmente, o problema não está claramente definido, já que os seus estados iniciais ainda não são evidentes, assim como não estão presentes todos os atributos desejados (seus requisitos) para se identificar a sua solução final (SILVA, 2015).

Essa proposta é conhecida no campo do design como *double diamond* (diamante duplo, em tradução livre) (DESIGN COUNCIL, 2015) e, de acordo com Silva (2015) “organiza as ações de projeto em quatro vertentes principais: (a) ações de descoberta, exploração e inspiração; (b) ações de compreensão, interpretação e alinhamento; (c) ações de conceituação e proposição e (d) ações de prototipação, avaliação e finalização” (Figura 5). Essas vertentes de projeto em conjunto com abordagens inspiradas na AET basearam as etapas relacionadas à dimensão interventiva de nossa investigação, como será visto adiante.

Figura 5 – Diamante duplo



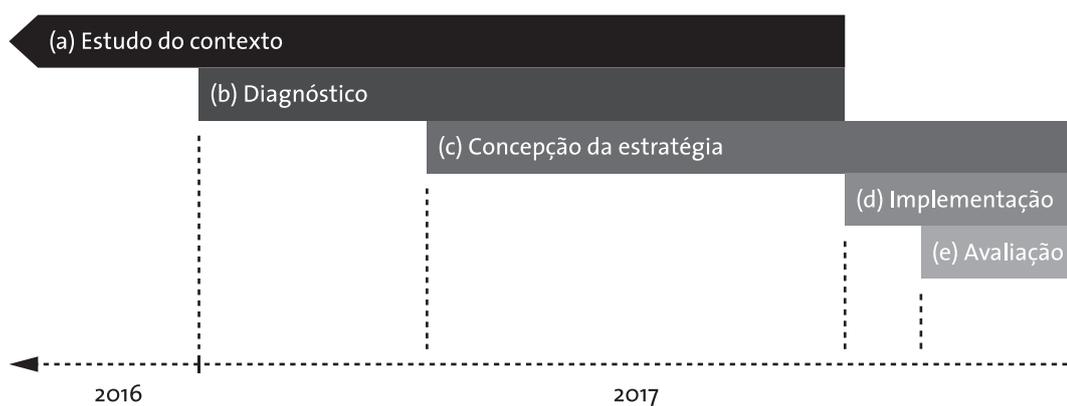
Fonte: retirado de Silva (2015)

Por fim, os métodos escolhidos para esse delineamento dialogam com mais três aspectos importantes: (a) Minha prática como professor de física da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEEDF), atuando no terceiro segmento da Educação de Jovens e Adultos (EJA), equivalente ao ensino médio do ensino regular,

no Centro Educacional 06 de Ceilândia; (b) Minha prática profissional como designer em conjunto com a colaboração dos estudantes de design da Universidade de Brasília César Domingos e Marcelo Brasileiro no desenvolvimento da dimensão propositiva da pesquisa; e (c) A possibilidade de se observar certos aspectos de similaridade entre as escolas da rede pública no que tange a composição de suas turmas, características dos estudantes, acesso a recursos tecnológicos e informacionais, quadro de funcionários, estratégias e abordagens pedagógicas, podendo haver a probabilidade, ainda que sob um viés indutivo e especulativo, de extensão dos resultados obtidos nesta pesquisa para estes outros contextos.

A partir desta discussão teórico-metodológica, o presente delineamento foi composto por cinco etapas, sendo elas: (a) Estudo do contexto do problema de pesquisa; (b) Diagnóstico; (c) Concepção da estratégia de ensino-aprendizagem; (d) Implementação da estratégia; e, finalmente, (e) Avaliação dos impactos da estratégia no contexto estudado. Embora essas etapas sejam apresentadas de forma linear, muitas vezes elas ocorreram de forma paralela, com umas se superpondo a outras, subsidiando novas informações, requisitos e atributos e promovendo novas relações entre eles, que impactaram no desenvolvimento da pesquisa e da estratégia de ensino-aprendizagem (Figura 6).

Figura 6 – Etapas do delineamento



Fonte: produzido pelo autor

3.1 Estudo do contexto do problema de pesquisa

Os objetivos desta etapa consistem em um primeiro esforço para a correta delimitação do espaço do problema por meio de processos divergentes, a partir do mape-

amento das características inerentes ao ambiente escolar que possam impactar na concepção e no resultado de uma intervenção que se pretenda neste meio.

Em primeiro lugar, se faz necessário o conhecimento prévio do local onde a escola se encontra, quais as suas condições ambientais, se há barulho em demasia de comércios, lojas ou do trânsito, quais os índices de violência da região, especialmente quando se considera que as aulas acontecem pelo turno da noite, qual a sua localização, se a escola está próxima de sua clientela ou se os estudantes precisam se deslocar grandes distâncias para às aulas. Em relação à estrutura escolar, a quantidade de salas, o número de estudantes, o posicionamento da escola e dos professores enquanto implementação e utilização das TICs, a disponibilidade de salas de informática e de recursos audiovisuais são aspectos essenciais para definirmos o ponto de partida da investigação.

Não menos importante são as informações a respeito do corpo técnico da escola e às relações ali estabelecidas. Observações sobre como esse ambiente se encontra hierarquizado, o grau de autonomia que os professores possuem, assim como suas qualificações profissionais e seus pontos de vista a respeito da educação em geral, bem como quais são os conflitos e papéis assumidos pelos atores do ambiente escolar, especialmente aqueles dedicados à parte pedagógica da escola, supervisor pedagógico, professores e estudantes, podem nos fornecer indicativos de possíveis constrangimentos e requisitos para a definição correta do problema de pesquisa e também para a elaboração da intervenção.

Nessa primeira fase do estudo do contexto, essas informações foram levantadas por meio de análise documental e fontes bibliográficas diversas, disponíveis na própria escola e em órgãos relacionados à Secretaria de Educação, observações livres feitas nas reuniões pedagógicas do corpo docente da escola e nas salas de aula e entrevistas exploratórias com os estudantes. Por meio do Projeto Político Pedagógico da escola (PPP) obtivemos acesso a dados tais como a quantidade de turmas, o número de professores e quais equipamentos didático-pedagógicos disponíveis. Em relação a capacitação do corpo docente, pela minha experiência de trabalho em contato com os professores na escola e por meio de entrevistas abertas foi possível obter essas informações. Outros dados como a quantidade de estudantes matriculados no componente curricular Física, faixa etária e evasão escolar foram obtidos acessando o Censo Escolar da SEEDF do ano de 2016 e os diários escolares utilizados

pelo professor no segundo semestre de 2017. Quanto à vida dos estudantes fora da escola, dados a respeito do acesso à instituição de ensino e percepção da violência foram obtidas por meio de entrevistas abertas no segundo semestre de 2017 feitas com os estudantes em momentos de intervalo entre aulas, enquanto que outras informações de caráter socioeconômico foram obtidas por meio de aplicação de questionário virtual no primeiro semestre de 2018 para todo o corpo discente da escola.

Seguimos então para o estudo do contexto interno à sala de aula com foco nos estudantes. É necessário levantar informações sobre como eles se apropriam das TICs, que tipos de dispositivos eles possuem ou que mais utilizam e se há confluência no uso destes dispositivos com estratégias de aprendizagem dos conteúdos escolares de forma autônoma ou semiautônoma.

As relações estabelecidas entre os estudantes, entre eles e os professores e os materiais didáticos, juntamente com uma investigação de seus contextos dentro e fora da escola devem ser mapeadas, haja vista a forma como se dá, atualmente, as relações de aprendizagem sejam elas formais ou informais, que não se limitam apenas a um tipo de ambiente específico e não comportam mais, ou pelo menos não deveriam, as mesmas hierarquias de outrora.

Nesta fase, os dados relativos às características do contexto interno à sala de aula, relacionados aos aspectos humanos, mais voltados para as relações estabelecidas entre os estudantes, o professor e a atividade de ensino-aprendizagem, foram conseguidos por meio de observações livres realizadas por mim ao longo de 2017, enquanto professor da referida escola, e principalmente pelos colaboradores, por meio de observações sistemáticas, representando um olhar externo, não naturalizado em relação ao ambiente escolar, especificamente nos dias 18/05 e 04/09, no período das 19 às 23 horas. As entrevistas abertas foram feitas com os estudantes no decorrer do segundo semestre de 2017, nos momentos de intervalo entre aulas, levantando informações a respeito do uso e adoção, por eles e pelos professores de outras disciplinas, das TICs e ferramentas pedagógicas relacionadas. Aos professores, durante as coordenações coletivas, também foram feitas entrevistas exploratórias a respeito de quais ferramentas eles se apropriavam e qual o seu posicionamento em relação às tecnologias da informação e comunicação.

Em relação à minha prática de ensino, os colaboradores me entrevistaram, após as observações feitas nas turmas, buscando informações mais amplas sobre o meu

posicionamento diante do ofício de ensinar, de que modo eu me relacionava com os estudantes, quais as principais dificuldades no exercício da profissão e questões mais específicas sobre como eu me apropriava dos recursos fornecidos pela escola, como eram divididas as notas, que tipo de avaliações eram passadas, quais os índices de evasão escolar nas turmas do segundo ano, os índices de reprovação, etc.

3.2 Diagnóstico

Nesta etapa, os dados e as apreensões, essencialmente qualitativos, obtidos a partir do estudo do contexto, fornecem uma série de possíveis restrições e constrangimentos em um processo convergente de estruturação e definição do espaço do problema de pesquisa, além do fornecimento de possíveis atributos para a criação, o desenvolvimento e implementação da estratégia de ensino-aprendizagem. Esta etapa tem, portanto, o intuito de reforçar, ajustar ou reformular as premissas iniciais da pesquisa.

A partir destes ajustes e da análise de dados como um todo, podemos levantar informações suficientes para a criação de um panorama geral de como se dá a prática de ensino-aprendizagem no contexto estudado, tais como: a forma como as aulas são dadas, quais momentos são expositivos, quais são participativos; como os estudantes interagem neste processo, que momentos são mais engajadores, quais são mais cansativos; a disponibilidade de flexibilização da estratégia corrente, que tipo de mudanças são possíveis; as formas de avaliação existentes, se são somativas, por meio de provas e testes, ou se formativas, a partir de processos flexibilizados de atribuição de notas e verificação de competências e habilidades; as ferramentas pedagógicas disponíveis, tanto aquelas fornecidas pela escola, quanto as de posse dos estudantes, etc.

Nessa etapa, os dados obtidos foram dispostos e sistematizados utilizando a técnica de mapa mental, criado pelos colaboradores a partir de suas apreensões em sala de aula e complementados por mim, como professor das turmas. Em um primeiro momento, a partir de um processo divergente de pensamento, todas as informações consideradas relevantes foram dispostas no mapa, de modo que possíveis relações entre constrangimentos, características de turma, tipologia das aulas, sugestões especulativas, etc., não capturadas durante o processo de observação e estudo do

contexto *in loco* pudessem ser descobertas e explicitadas, por meio de discussões entre a equipe (os colaboradores e o professor). Depois, seguindo um caminho convergente, associando as nossas ideias e análises ao contexto real da escola, alguns atributos para a estratégia de ensino-aprendizagem foram definidos. Vale ressaltar, ainda, que a etapa de diagnóstico muitas vezes ocorreu de forma paralela à primeira fase, pois a medida em que o contexto era apreendido, análises eram feitas, no entanto, estas foram materializadas somente com a confecção do mapa mental.

Uma dimensão extremamente importante, relacionada ao engajamento dos estudantes e ao seus pontos de vista frente à educação e ao ensino, foi investigada a partir de uma entrevista coletiva semiestruturada na escola no dia 25/09, no horário das 19 às 21 horas, conduzida pelos colaboradores sem a presença do professor. Dois estudantes de cada uma das quatro turmas do segundo ano foram previamente selecionados pelo professor buscando variabilidade de perfis tais como sexo, faixa etária, jornada do estudante fora de sala de aula, grau de participação nas aulas, profissão, etc. Então estes estudantes se dirigiram até uma sala na escola, reservada para a entrevista e, com a mediação dos colaboradores, responderam a uma série de 12 perguntas. O objetivo era ouvir os seus diversos pontos de vista a respeito de aprendizagem, autonomia, medos, anseios, objetivos de vida, etc. de modo a compreender os elementos motivadores e desmotivadores que existiam no ambiente da escola e que podiam nos auxiliar no desenvolvimento da estratégia de ensino-aprendizagem. Essa entrevista foi gravada e, posteriormente, analisada pelos colaboradores de modo a fornecer pistas de elementos engajadores para os estudantes que seriam utilizados na etapa interventiva da investigação.

Partindo deste panorama, estratégias de ação foram definidas, embasadas em uma abordagem de design, com o intuito de atingir os objetivos propostos inicialmente na pesquisa.

3.3 Concepção da estratégia de ensino-aprendizagem

Na terceira etapa, a partir dos resultados obtidos nas fases anteriores, assim como da minha experiência enquanto professor, são definidos parâmetros para a estratégia: projetuais, de modo a criar instrumentos de aprendizagem, bem como uma estrutura tangível que possa expressar todos aqueles requisitos estabelecidos an-

teriormente e corrigir as falhas apontadas, e pedagógicos, com o objetivo de definir e adequar os conteúdos a esta estrutura. Essa concepção ocorre, portanto, a partir do embasamento teórico, por meio da revisão de literatura da pesquisa, mas, principalmente, a partir da base empírica estabelecida nas etapas anteriores do método.

Nessa etapa, em relação aos aspectos pedagógicos, foi feito um estudo do conteúdo sobre terminologia e termodinâmica a partir de várias fontes bibliográficas, tanto voltadas para a educação básica quanto para o ensino superior, para uma análise de quais conteúdos deveriam ser priorizados, o nível de complexidade que cada conceito exigia e as formas de abordagem mais adequadas para estes conceitos. Paralelamente foi feita também uma pesquisa de caráter exploratório na Internet, em *sites* relacionados ao ensino de ciências e em canais com temática similar, da plataforma de compartilhamento de vídeos Youtube, com o objetivo de estabelecer um estado da arte a respeito dessas ferramentas de ensino e quais as possibilidades de elas serem inseridas na nossa solução. Diante dos dados obtidos nessa etapa e das análises das outras fases da pesquisa, foi possível filtrar os conceitos que seriam abarcados pela estratégia de ensino-aprendizagem.

Em relação a parte propositiva, segundo os colaboradores César Domingos e Marcelo Brasileiro (2017), a etapa de geração de alternativas aconteceu de três maneiras: (a) geração exploratória, que ocorreu logo após os primeiros contatos com o professor e o contexto de sala de aula, composta por ideias pouco aderentes que iam sendo documentadas ao longo das observações, enquanto o problema ainda não estava bem estruturado; (b) geração contextual, que ocorreu partindo dos dados obtidos por meio das observações e das entrevistas com os estudantes e com o professor, permitiu uma descrição mais realista do contexto de sala de aula, de modo que houvesse uma geração que, ainda que de certa forma livre, já estivesse condicionada às restrições e constrangimentos deste contexto; (c) geração cocriativa, realizada com a participação do professor, ao longo de nove reuniões no segundo semestre de 2017, na qual, em cada reunião eram feitas anotações de ideias, requisitos e características em grandes folhas de cartolina. Essas informações, inicialmente, possuíam natureza exploratória e especulativa e muitas vezes eram até contrárias umas às outras, expressando diversas dimensões do contexto, tais como jornada do estudante, duração das aulas, conteúdos didáticos com potencial de abordagem, formas de engajamento, etc. No entanto, com o avanço da geração, ao

longo das reuniões, a configuração da solução foi gradativamente se materializando em atributos reais, vinculados ao contexto da sala de aula, que deram corpo à estratégia de ensino-aprendizagem.

Podemos dizer ainda que, a partir da fase cocriativa, as primeiras ideias melhor estruturadas consistiram na presença de determinados conceitos e funcionalidades, que aos poucos foram migrando para elementos estruturais, como narrativas específicas para abordar estes conceitos, inspiradas pelo processo de design de interação. Em seguida, o foco se voltou para a organização das interfaces, ou pontos de contato, dos estudantes com a estratégia, concebida dentro de uma perspectiva do design de serviços, considerando que ela não era centralizada em artefato único, mas distribuída em suportes diversos. Posteriormente, foi necessária a definição de uma linguagem adequada aos estudantes e ao contexto, que orientou a produção das primeiras versões dessas interfaces com uso de ilustrações, tipografias e organização visual voltada para o fortalecimento da identidade estabelecida. O material teve como foco a inteligibilidade do conteúdo, articulando a composição das interfaces com o campo do design da informação.

3.4 Implementação da estratégia

A quarta etapa, é apresentada como parte separada da etapa anterior por razão meramente didática, pois a forma como a estratégia de ensino-aprendizagem é implementada no contexto de sala de aula deve ser pensada desde os primeiros momentos de sua concepção. Partindo disso, para a etapa de implementação, houve o estabelecimento de uma narrativa (estrutura) de execução da estratégia que, apesar de já ter sido planejada em teoria, tinha como objetivo a criação de uma rede que englobasse os conceitos de física, a estrutura técnica da escola, as ferramentas didáticas utilizadas, os estudantes e o professor, de maneira significativa e adaptada aos constrangimentos, as incertezas e as contingências que pudessem ocorrer no contexto de sala de aula, ou seja, essa estratégia tomou forma completamente somente no momento da implementação.

Pela característica iterativa inerente a prática da abordagem de design, o processo de implementação foi ajustado várias vezes ao longo de sua aplicação. Isso ocorreu, pois como a estratégia foi aplicada em 4 turmas de segundo ano, a cada

aplicação de uma de suas fases, dados eram colhidos e dessa forma, serviam de base para diversos ajustes e correções que já eram postos em prática na próxima aplicação em outra turma. Isso ocorreu durante toda a duração da estratégia. A implementação da estratégia teve duração de um mês e ocorreu em todas as turmas de física do segundo ano da escola.

Esta etapa ocorreu no segundo semestre de 2017, como implementação piloto. No entanto, há planos para uma segunda implementação em novas turmas de segundo ano na mesma escola, no segundo semestre de 2018, já com novos ajustes, correções e requisitos decorrentes da primeira aplicação.

3.5 Avaliação dos impactos da estratégia

Como última etapa, a avaliação dos impactos da estratégia de ensino-aprendizagem tem por objetivo verificar se a aplicação desta estratégia transformou o contexto escolar de alguma maneira, estando aí incluídos os impactos no professor, na forma como as aulas são conduzidas e os conteúdos ministrados e, principalmente, nos estudantes.

Haja vista algumas características próprias do contexto estudado e dos métodos escolhidos para o delineamento da pesquisa, essa avaliação se deu em grande parte de forma qualitativa, sendo realizada durante todo o percurso de aplicação da estratégia, que durou cerca de um mês. Além disso, investigar o sucesso dos estudantes na apreensão daquele conteúdo ministrado juntamente com a estratégia passou não só pela avaliação individual e em grupo, por meio de notas e conceitos dadas para cada atividade que era proposta ao longo da execução da estratégia, mas também pela forma como eles interagem e atuavam nas condições dadas, suas expectativas, sentimentos e pontos de vista relacionados. Características como engajamento, comportamento e interesse foram objetos de atenção e análise, bem como o papel do professor enquanto condutor e articulador da execução da estratégia.

De posse dos dados relativos aos estudantes aprovados e em recuperação de turmas dos semestres anteriores, foi possível especular sobre o impacto da estratégia, comparando esses dados com aqueles apresentados, ao término do semestre letivo, pelas quatro turmas nas quais houve a aplicação da intervenção. Também,

em comparação com os outros semestres, foi possível mensurar a quantidade de conceitos desenvolvidos no mesmo intervalo de tempo. Houve, ainda, no segundo semestre de 2017 o Exame Nacional para a Certificação de Competências de Jovens e Adultos (ENCCEJA), prova não obrigatória que afere as competências dos estudantes da EJA, a qual muitos estudantes da escola fizeram e, embora não tivéssemos uma série histórica com os dados da prova, a partir das suas impressões verbalizadas posteriormente à aplicação da mesma, a respeito do que foi cobrado e do seu suposto sucesso, foi possível inferir, ainda que de forma pouco precisa, os impactos da estratégia.

As técnicas utilizadas nesta fase da pesquisa foram compostas por observações livres da intervenção no ambiente escolar, observando aspectos de utilização dos instrumentos da estratégia e de que modo os estudantes interagiam com eles e análise do número de faltas por meio dos diários, verificando se o comprometimento dos estudantes com as aulas havia aumentado ou diminuído. Além destes, foram feitas entrevistas abertas com os estudantes sobre suas opiniões a respeito do trabalho (estratégia de ensino), o grau de dificuldade, a interação com os integrantes do grupo, etc. Por fim, houve uma avaliação multidisciplinar, a última avaliação do semestre letivo, que foi planejada a partir dos conteúdos apresentados e na forma como foram abordados na estratégia de ensino-aprendizagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados de cada uma das etapas de pesquisa, descritas anteriormente no capítulo do método, seguidos pelas respectivas discussões. Estes resultados, que por um artifício didático dispomos de maneira linear, seguem uma ordem cronológica de acordo com a fase em que foram apreendidos ao longo do percurso investigativo, cabendo ressaltar que algumas fases ocorreram paralelamente a outras e que, em grande medida por conta da abordagem metodológica adotada, ocorreu algumas vezes o retorno a etapas que já haviam sido executadas, estabelecendo um processo iterativo de formulação, teste e reformulação de hipóteses, parâmetros e requisitos, de pesquisa e de projeto.

Cabe dizer ainda, conforme já mencionado, que sou professor do CEd 06 desde 2010, ministrando aulas de física no segmento da EJA, no período noturno, para todas as etapas, sendo que a partir de 2013 me estabeleci na segunda etapa (equivalente ao 2º ano do ensino médio), razão pela qual suas turmas foram escolhidas como unidade caso para a pesquisa.

4.1 Estudo do contexto do problema de pesquisa

Ponto de partida da investigação, o estudo do contexto sócio-técnico da escola iniciou-se com o levantamento de informações a respeito de sua estrutura física e humana.

A partir dos procedimentos descritos na etapa do método, temos que o Centro Educacional 06 de Ceilândia (CEd 06) é uma escola localizada na Área Especial da Quadra 16, do Setor P. Sul de Ceilândia, região administrativa do Distrito Federal (DF), cercada por residências e por algumas lojas comerciais e igrejas de pequeno porte. A escola oferece, no turno noturno, o terceiro segmento da modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA) equivalente ao ensino médio do ensino regular, possuindo 12 turmas, sendo 4 de primeiro ano, 4 de segundo e 4 de terceiro (Quadro 1), que compõem seu

corpo discente, em um regime semestral, em que cada ano letivo é dado em um semestre, em um total de 3 semestres totalizando uma carga horária de 1.200 horas.

Quadro 1 – Organização das turmas no CEd 06 de Ceilândia

| Etapas | Turmas | | | |
|--------|--------|---|---|---|
| 1º Ano | A | B | C | D |
| 2º Ano | A | B | C | D |
| 3º Ano | A | B | C | D |

Fonte: produzido pelo autor

Em relação a estrutura física (Figura 6), a escola possui uma sala de informática com 10 computadores conectados à Internet e 3 salas de recursos que podem ser utilizadas em conjunto com os equipamentos didático-pedagógicos existentes. Dentre esses equipamentos, estão disponibilizados para uso 4 *smart TVs*, 2 *datashows* e um aparelho de DVD acompanhado de uma videoteca. Desde 2017 há uma rede *Wi-Fi* disponível para os estudantes, no entanto essa rede ainda carece de melhorias em sua estrutura, pois com os múltiplos acessos, ela tende a ficar congestionada e instável, gerando desconfiança por parte dos estudantes que limitam seu uso, quando a utilizam, a aplicativos de mensagens de texto.

Figura 7 – Estrutura física da escola



Fonte: produzido pelo autor

A equipe de coordenação da escola apoia e incentiva a utilização das TICs nas salas de aula assim como fora delas, no trabalho pedagógico dos professores. Desde 2015 o sistema de armazenamento de dados na nuvem Google Drive junto com a suíte de produtividade Google Docs, ambos produtos da empresa Google, têm sido utilizados para o planejamento e execução das avaliações aplicadas aos estudantes, assim como na disponibilização dos resultados, agilizando o processo de troca de informação entre professores, coordenadores e estudantes.

A criação de *blogs* também é incentivada de modo a estabelecer um canal adicional entre professores e estudantes, assim como os grupos de mensagens por meio do aplicativo para celular Whatsapp entre corpo docente e coordenadores que, por criar uma forma de contato praticamente instantânea, permite mais agilidade na conformação de diversos problemas, por exemplo substituições de professores ausentes por motivos de saúde, reuniões extraordinárias e outras atividades marcadas de última hora que não estão previstas no cronograma de atividades da escola.

No início do semestre, há uma reunião pedagógica com o corpo docente da escola, coordenadores e diretor para a aprovação do cronograma de atividades que serão desenvolvidas ao longo deste período. Esse cronograma estabelece dias temáticos, feriados e recessos escolares, bem como outras atividades pedagógicas. No entanto, no dia a dia da escola, o cronograma sofre diversos ajustes relacionados a ausência de professores, subidas de aula, passeios e eventos culturais, reuniões e palestras extraordinárias, greves e paralisações.

Embora haja em torno de 35 estudantes matriculados por turma todos os semestres, as altas taxas de evasão escolar na EJA são um problema recorrente, acontecendo por diversos motivos tais como dificuldades de conciliação entre trabalho, família e escola, gravidez na juventude, extremamente comum, medo da violência, uma vez que as aulas ocorrem no horário das 19 às 23 horas, problemas de saúde e dificuldades de adaptação para aquelas pessoas que estão há muitos anos sem estudar formalmente. Para diminuir essas taxas, a escola flexibiliza os processos de registro de frequência, dentro das possibilidades previstas em lei, proporcionando formas de justificção de faltas por motivos de saúde, trabalho, serviço militar obrigatório, problemas pessoais, etc. de modo que não só as faltas sejam abonadas, mas que o estudante possa também refazer uma avaliação, caso a tenha perdido.

Diante deste cenário, a pesquisa foi realizada com todas as 4 turmas da segunda etapa, aproximadamente 70 estudantes, com idades entre 18 e 50 anos. Mesmo sendo turmas da mesma série, há acentuada heterogeneidade em relação a suas composições, por conta da extensa faixa etária e pelo modo como os estudantes são divididos em cada turma. A turma 2A é constituída pelos estudantes mais velhos, sendo 14 frequentes, com uma média de idade de 40 anos, a turma 2B apresenta 18 estudantes frequentes com uma média de 26 anos, o 2C, 22 frequentes com uma média de 20 anos e o 2D, 20 frequentes com uma média de 19 anos (Quadro 2).

Quadro 2 – Frequência e média de idade dos estudantes da 2ª Etapa

| Turmas | Frequentes | Média de idade (anos) |
|--------|------------|-----------------------|
| 2A | 14 | 40 |
| 2B | 18 | 26 |
| 2C | 22 | 20 |
| 2D | 20 | 19 |

Fonte: produzido pelo autor

Em relação aos materiais didáticos, não há livros didáticos específicos para a EJA, ficando a cargo dos professores a utilização ou não de apostilas adotadas e/ou criadas por eles mesmos, que podem ser impressas pelos estudantes em uma copiadora que funciona na escola em regime de concessão. Em virtude disso, o material didático utilizado nas aulas de física é a publicação Leituras de Física – Física Térmica, que foi criado pelo Grupo de Re-elaboração do Ensino de Física (GREF), do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) no ano de 2006. No que tange as aulas, estas são essencialmente expositivas com a utilização do quadro branco para a cópia dos conteúdos e resolução de exercícios, uso de ilustrações e esquemas feitos pelo professor para ilustrar e descrever conceitos e pouca utilização dos recursos audiovisuais disponíveis.

São 3 aulas de física por semana em cada turma, com duração média de 40 minutos, sendo uma aula dupla e uma aula simples. As salas de aula não são ambiente, ou seja, o professor não é fixo em cada sala, tendo que se deslocar entre as salas das turmas nas quais dará aula. De acordo com o Projeto Político Pedagógico

(PPP) da escola, as avaliações obrigatórias são: Estudo Dirigido (ED), realizado no início do segundo mês de aula do semestre, prova aberta individual e com consulta, no valor de 2,5 pontos; Feira Cultural, realizada no meio do semestre, atividade desenvolvida de forma colaborativa por toda a turma, no valor de 1,5 pontos; Avaliação Multidisciplinar (AM), realizada no último mês de aula, prova objetiva individual e sem consulta, no valor de 2,5 pontos. Quanto às demais avaliações e atividades, o professor é livre para propor, no valor de 3,5 pontos. Estas atividades, para a disciplina de Física, estão divididas em 2 trabalhos feitos em grupos de 3 estudantes e em sala, o primeiro realizado antes do ED e o segundo antes da AM, no qual consistem na resolução de questões pertinentes à matéria, com cada um valendo 1,0 ponto, e em uma avaliação que consiste na participação do estudante na resolução de exercícios em sala ao longo do semestre, valendo 1,5 pontos. O somatório de todas as atividades desenvolvidas durante o semestre deve dar 10,0 pontos com a média mínima para passar de série sendo 5,0 (Quadro 3).

Quadro 3 – Composição de pontuação para a disciplina física

| Trab 1 | ED | Feira | Trab 2 | AM | Participação | Total |
|--------|-----|-------|--------|-----|--------------|-------|
| 1,0 | 2,5 | 1,5 | 1,0 | 2,5 | 1,5 | 10,0 |

Fonte: produzido pelo autor

A partir destas características, algumas considerações foram realizadas ao longo da investigação. Constatamos que, embora a escola CEd 06 tivesse à disposição recursos das TICs relativamente superiores a outras escolas da Ceilândia, esses recursos eram subutilizados no desenvolvimento das atividades de ensino de física. O celular era o dispositivo mais utilizado pelos estudantes para acessar o *blog* da escola e dos professores e fazer pesquisas relacionadas à disciplina. Esses acessos não eram constantes durante todo o semestre, se concentrando em momentos específicos, tais como antes e depois de avaliações, no fim do período letivo, etc. Boa parte dos estudantes, principalmente os mais jovens, fazia uso de vídeo-aulas do Youtube e *sites* relacionados a conteúdos educacionais, como o Brasil Escola e Wikipédia, fora do ambiente escolar, de forma autônoma, sem a indicação destes veículos pelo professor.

A utilização do Youtube acontecia, em geral, quando os estudantes perdiam uma aula na qual era desenvolvido determinado conteúdo ou quando, mesmo estando presentes em sala, não eram capazes de compreendê-lo. Os tipos de vídeo acessados se restringiam a aulas expositivas de estrutura bastante comum, na qual o apresentador explicava os conceitos, algumas vezes de maneira equivocada, e resolvia alguns exercícios. Os outros *sites*, tais como Brasil Escola e Wikipédia, eram mais acessados quando os estudantes precisavam fazer alguma atividade de pesquisa demandada pelos professores, o que muitas vezes acabava se restringindo a um trabalho de cópia das informações apresentadas por estes veículos.

Mesmo a partir da utilização de situações cotidianas e recursos ilustrativos para a explicação dos conteúdos, ainda assim estes se apresentavam de forma distante da realidade prática dos estudantes, que demonstravam interesse e prestavam atenção quando as explicações se referiam a situações palpáveis. Mas, quando o professor partia para o desenvolvimento de fórmulas ou resolução de exemplos, era visível o desinteresse e as dificuldades de compreensão, que podiam ser verbalizados pelos estudantes ou simplesmente observados pelo professor e pelos colaboradores. As aulas eram dadas de forma essencialmente expositiva, sendo uma parte destinada a cópia de conteúdos e exercícios no quadro e a outra destinada à explicação, sendo importante ressaltar que os momentos de cópia, além de registrarem os conteúdos nos cadernos dos estudantes também representava uma estratégia informal de descanso para o professor, já que os momentos explicativos eram bastante desgastantes.

Percebemos, ainda, que as turmas agiam de forma diferente com a apostila e com a matéria copiada no quadro. De um lado, todos da turma 2A imprimiam a apostila e sempre a levavam para a escola, também copiavam a matéria que era mostrada no quadro. Contudo, a apostila era pouco utilizada por eles para estudo e revisão para as avaliações e, em relação à matéria copiada, não entendiam os conteúdos que estavam escritos nos seus próprios cadernos, provavelmente pela forma esquemática como estes eram passados para eles e também por conta de suas dificuldades em apreender fórmulas e expressões matemáticas. Por outro lado, os estudantes da turma 2D achavam melhor a utilização da apostila por meio virtual, a partir de seus celulares. Somente por volta da metade deles copiava consistentemente o conteúdo passado no quadro, em parte porque a maioria já tinha o conteúdo semelhante em seus cadernos, já que muitos tinham reprovado o segundo ano no turno da ma-

nhã. As turmas 2B e 2C apresentavam características similares às turmas 2A e 2D, de acordo com a sua proximidade de cada uma. Dessa maneira, concluímos que a prática da cópia, de forma objetiva, era um desperdício de tempo e que a impressão da apostila era um desperdício de dinheiro.

Nessa fase da pesquisa constatamos ainda que a maneira como as turmas encaravam e interagiam com as aulas era completamente diferente. De um extremo, a turma 2A, com pessoas mais velhas, jornadas de trabalho integral, a maioria chefes de família, aceitavam melhor as aulas expositivas, participando ativamente de uma ou outra discussão que surgia, mas, no entanto, com sérios problemas de formação inicial em matemática e ciências, haja vista que muitos começaram a estudar tardiamente, quase sempre na EJA. Do outro lado, a turma 2D, com boa parte dos estudantes com idades em torno dos 19 anos, grande parte vindo de turmas regulares do diurno por motivos de trabalho ou reprovação que, quando não estavam trabalhando em estágios de meio período nada faziam durante o dia, tinham problemas com este tipo de aula expositiva, aceitando melhor aulas de caráter mais ativo, como por exemplo, aquelas de exercícios. Essa dificuldade se expressava na forma de conversas paralelas, indiferença às aulas, saídas de sala constantes e indisciplina. As turmas 2B e 2C estavam, mais uma vez, dentro deste espectro, com características proporcionais à proximidade das turmas 2A e 2D.

Por fim, notamos que dificuldades em estar presente na escola todos os dias, fossem por motivos de trabalho, saúde ou outros, de ordem pessoal, representavam um grande condicionador para a evasão escolar, criando apreensão e preocupação nos estudantes, especialmente os de faixa etária mais elevada, mesmo com a flexibilização por parte da escola, em relação a ausências por motivos de saúde e trabalho, e por parte dos professores, aceitando trabalhos em atraso, reaplicando avaliações, etc.

4.2 Diagnóstico

Diante dos dados levantados, elaboramos, a partir de uma série de discussões, um modelo mais concreto de como o processo de ensino-aprendizagem corrente se dava nas aulas de física. Para isso utilizamos um mapa mental (Figura 7), no qual foram dispostas todas as características apreendidas de modo que pudessem ser

Notamos ainda que, além de haver a subutilização dos suportes das TICs como verificado na etapa do estudo do contexto, outros suportes, de natureza analógica e experimental também não eram utilizados, tanto pelo fato destes não existirem na escola, como *kits* de experiências, por exemplo, quanto pelo fato de não existirem disponíveis no mercado, pela especificidade que apresentavam, como infográficos impressos sobre Física Térmica, tornando o ensino maçante, enfadonho e pouco dinâmico. Essa forma como a aula se desenvolvia acentuava ainda mais o pouco engajamento dos estudantes.

No dia 25/09, conforme já mencionado na etapa do método, foi feita uma entrevista coletiva semiestruturada na escola com 2 estudantes de cada turma. A partir desta entrevista, realizada pelos colaboradores e sem a presença do professor, foi possível externalizar alguns pontos de vista dos estudantes frente à atividade de ensino-aprendizagem desenvolvida na escola: aqueles estudantes mais velhos tinham uma preocupação maior com reprovações e notas baixas, pois se sentiam já bastante atrasados por terem abandonado a escola quando mais jovens e não queriam perder mais tempo, eles achavam interessante as discussões sobre física mesmo tendo dificuldades com os problemas matemáticos e esperavam conseguir uma posição melhor no mercado de trabalho ao terminar o ensino médio. Além disso, terminar a educação básica para eles tinha uma simbologia muito forte, pois era visto como uma vitória, uma superação das dificuldades e por isso, merecia muita atenção e esforço; os estudantes mais jovens não se preocupavam tanto com reprovações ou notas baixas (embora alguns pensassem como os mais velhos), mas almejavam entrar no ensino superior e conseguir um emprego ou conquistar um melhor. Embora achassem importante estarem na escola, consideravam as aulas chatas e sem muito propósito e, ainda, que o ensino médio era um obstáculo para o seu ingresso na universidade e não uma preparação.

Ainda na etapa do diagnóstico, foi realizado um primeiro recorte do conteúdo programático que seria utilizado no desenvolvimento da estratégia de ensino-aprendizagem, este teve como base o conteúdo preconizado pelo Currículo em Movimento da Educação Básica para a EJA, documento elaborado pela SEEDF que estabelece o currículo para o terceiro segmento da Educação de Jovens e Adultos, equivalente ao ensino médio regular. Esse recorte obedeceu aos seguintes parâmetros: (a) deveria ser um conteúdo que fizesse parte do dia a dia dos estudantes; (b) que apresentasse

complexidade e profundidade abarcando os conceitos de física de maneira não superficial; (c) que proporcionasse uma narrativa encadeando os conceitos desenvolvidos e mostrando o conteúdo como um *continuum* de conhecimento; e (d) que proporcionasse a confecção e demonstração de experimentos práticos que estivessem ao alcance do professor e dos estudantes. Diante de todos esses pontos, o conteúdo definido para a nova estratégia de ensino foi o de “Máquinas Térmicas – Geladeira”.

Ao analisar os resultados obtidos das etapas descritas anteriormente, concluímos que o desenvolvimento dos conteúdos programáticos tomava muito tempo, especialmente aquele gasto para copiá-los e que a divisão da aula em partes bem delimitadas de cópia, explicação e exercícios tornava o ensino maçante e pouco dinâmico. Os estudantes ficavam longos períodos fazendo uma atividade que exigia pouco esforço cognitivo, copiando, e depois recebiam muitas informações em um curto intervalo de tempo, a parte expositiva, exigindo muito esforço cognitivo a partir de uma mudança brusca na natureza da aula. Além disso, o tempo destinado à prática e resolução de exercícios era muito curto, ficando muitas vezes como atividade para casa. Desse modo, as atividades de exercícios perdiam seu caráter de avaliação formativa, na qual o professor estaria presente para ajudar e guiar o estudante na solução do problema, para ganhar um caráter somativo, no qual a avaliação serviria somente como uma forma de se atribuir uma nota, diminuindo as possibilidades de aprendizado.

Concluímos que, para solucionar estes problemas, a estratégia de ensino-aprendizagem deveria alternar constantemente entre pequenos momentos expositivos, de exercícios, atividades práticas e de discussão, de forma que a atenção dos estudantes estivesse sendo provocada continuamente (Figura 9). Estes momentos deveriam dispor ainda de suportes de informação de naturezas diversas: digitais, analógicos, experimentais e impressos, enriquecendo as formas de apreensão dos conteúdos e familiarizando os estudantes acostumados a consumir informação a partir de múltiplos suportes.

Figura 10 – Nova aula a partir da estratégia de ensino-aprendizagem



Fonte: produzido pelo autor

A prática da cópia deveria ser diminuída tanto quanto possível em virtude de não apresentar ganhos reais na atividade de ensino-aprendizagem, sobrando mais tempo para o desenvolvimento de conteúdos e para a resolução de exercícios, o que estava em consonância com os dados levantados ao estudarmos a jornada dos estudantes, pois, por muitos trabalharem, cuidarem da família e realizarem outras atividades durante o dia, sobrava pouco tempo para o estudo fora do contexto da escola. Assim a nova estratégia de ensino deveria levar isso em consideração e ser desenvolvida de preferência sempre dentro do ambiente escolar. Em contrapartida, esta estratégia deveria assistir também àqueles estudantes que faltavam às aulas por motivos diversos como problemas de saúde, dificuldades de chegar a tempo à escola, problemas no trabalho, etc, de modo a ajudá-los a recuperar os conteúdos desenvolvidos e as atividades feitas.

Os aspectos experimentais dos conceitos deveriam compor a estratégia de ensino-aprendizagem com o intuito de instigar a curiosidade dos estudantes e preencher significativamente aqueles constructos abstratos da física, proporcionando o surgimento de dúvidas e questões que desencadeariam o processo de ensino. Ainda, a estratégia deveria fornecer, por meio de vídeos e exercícios, possíveis ganchos para outras disciplinas e atividades, tais como a biologia, a química e a matemática. Todo o percurso narrativo desenvolvido deveria ser expresso visualmente por meio de infografia impressa e interfaces de computador com vias a situar os estudantes sobre em qual momento da estratégia ele se encontrava, criando uma noção local e global da mesma.

No que diz respeito às formas de engajamento dos estudantes, cada atividade desenvolvida deveria prover formas de medição de desempenho ao longo da execução da estratégia, essas formas teriam que ir além de notas parciais e simbolizar um ganho concreto de aprendizado, por meio de prêmios ou recompensas. Desse modo, o estudante poderia mensurar seu desenvolvimento durante a execução da estratégia, diminuindo sentimentos de apreensão e insegurança em relação a sua nota.

4.3 Concepção da estratégia de ensino-aprendizagem

Depois de definirmos, na etapa de diagnóstico, os requisitos e os suportes nos quais a estratégia de ensino-aprendizagem se apoiaria, começamos de fato a pro-

jetá-la. Embora tivéssemos uma noção já bastante clara dos requisitos pretendidos e dos problemas a serem solucionados e/ou evitados, esses dados não eram o bastante para definirmos o que seria essa estratégia, a sua forma, o seu conteúdo e a sua estrutura como um todo. Até a fase da concepção, propositalmente, evitamos propor alternativas fechadas de como a estratégia se materializaria. O objetivo era nos atermos as circunstâncias que permeavam o contexto sem necessariamente pensar em como formalizá-las em uma única estrutura, proporcionando o surgimento de soluções inovadoras e evitando a cristalização de preconceitos, atuando para que a estratégia surgisse como uma solução emergente daquele contexto estudado.

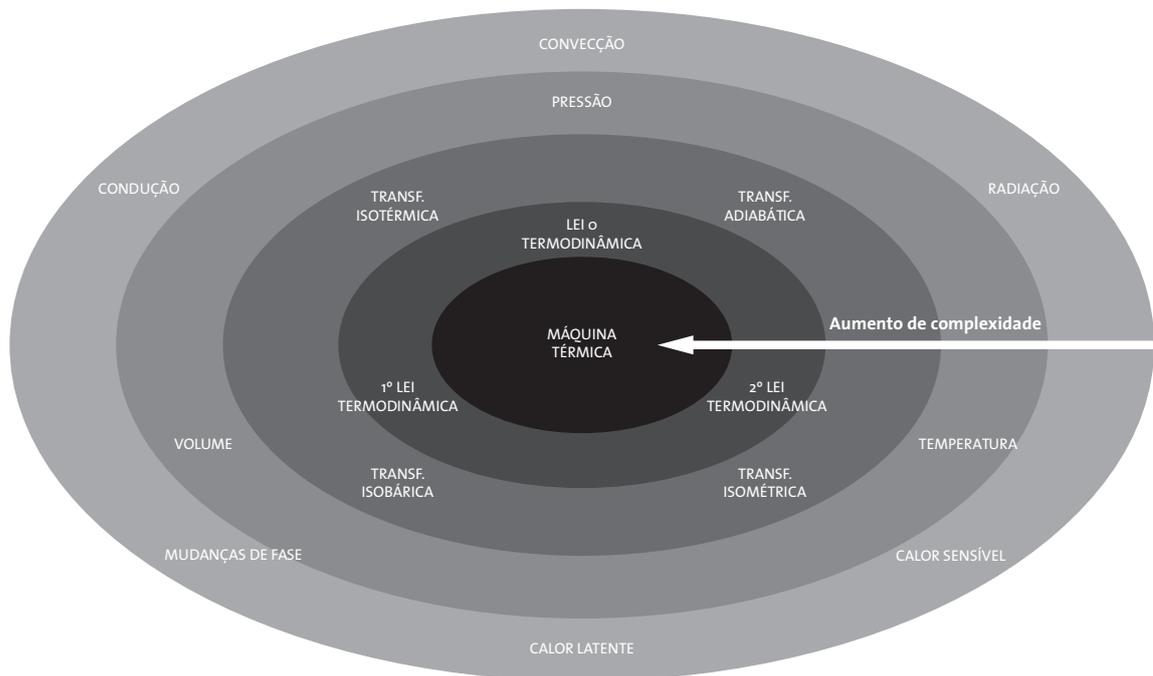
O processo de concepção foi dividido em duas partes, uma delas relacionada ao desenvolvimento e estruturação da estratégia e de seus elementos, a partir do enfoque do design de serviços, e a outra relacionada a quais conceitos físicos preencheriam esta estratégia e de que forma eles seriam estruturados e abordados, utilizando um enfoque de design da informação. Essas duas partes estavam unidas de forma holística e se desenvolveram paralelamente, de modo que sua apresentação de forma linear é, mais uma vez, mero recurso didático.

O primeiro passo para o desenvolvimento da estratégia de ensino-aprendizagem consistiu em adaptarmos o conteúdo a ser utilizado. Como já mencionado, o conteúdo de “Máquinas Térmicas – Geladeira” havia sido definido, mas a forma como este era abordado nos livros didáticos diferia muito, com escopos, níveis de aprofundamento e de abrangência de conceitos bastante diferentes. Além disso, este conteúdo sempre era apresentado na parte final dos livros como um desdobramento de alta complexidade de todos aqueles conceitos desenvolvidos previamente no decorrer do período letivo e com um caráter estritamente conceitual. Sem informações palpáveis ou vinculadas à realidade os conceitos desenvolvidos ficavam muito abstratos para os estudantes, que compreendiam melhor um dado que fosse traduzido para termos mais tangíveis como, por exemplo, o gás no compressor da geladeira atinge 90 °C em vez de falar que o mesmo atinge altas temperaturas, termo que não significa muito para um estudante.

Para criar uma narrativa que fosse significativa, resolvemos nos apropriar desse conteúdo invertendo essa relação. Em vez de construirmos o conteúdo da geladeira enquanto máquina térmica a partir do desenvolvimento de conceitos menos comple-

xos em um movimento crescente de complexidade, tal como feito em grande parte dos materiais didáticos analisados (Figura 10), utilizaríamos a noção prévia que os estudantes tinham da geladeira como fio condutor para desenvolver conceitos de menor e de maior grau de complexidade, de forma não linear, sempre buscando correspondência no cotidiano de cada um deles.

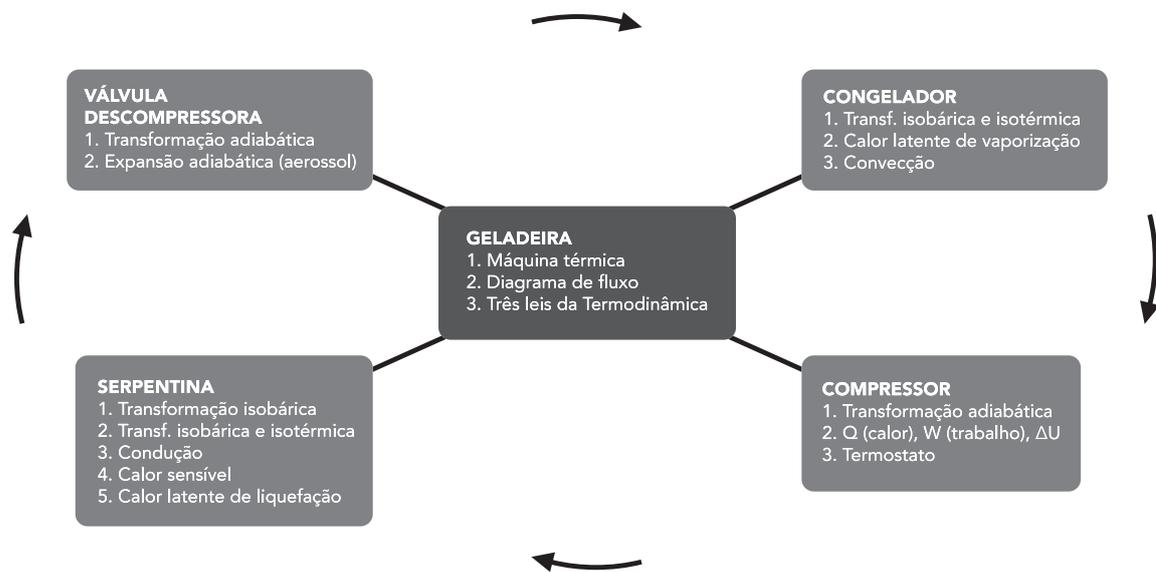
Figura 11 – Aumento da complexidade dos conceitos em direção à máquina térmica



Fonte: produzido pelo autor

Definidos aqueles conceitos que seriam abordados, partimos para a criação da narrativa. Dividimos o objeto geladeira em quatro partes: compressor, serpentina, válvula descompressora e congelador, e atribuímos a cada uma delas os conceitos que seriam explorados. À partir daí, definimos o circuito de refrigeração, aspecto essencial a todas as geladeiras, como o suporte que traria o elemento narrativo à estratégia (Figura 11).

Figura 12 – Circuito de refrigeração com os conceitos abordados em cada etapa



Fonte: produzido pelo autor

Embora ainda não tivéssemos definido exatamente a duração da estratégia de ensino-aprendizagem, já imaginávamos que pela quantidade de conteúdos abordados e possíveis atividades desenvolvidas, ela teria uma duração entre 3 e 4 semanas e seria expressa na forma de um trabalho de física. Para que os estudantes pudessem se localizar no desenvolvimento de um trabalho tão longo, que durasse quase um mês, desenvolvemos os primeiros esboços de um mapa de progresso, no qual eles pudessem ver o quanto já tinham avançado na prática da estratégia e o quanto ainda faltava, reforçando a noção de continuidade proposta na narrativa.

Essas etapas desenvolvidas até então, possuíam um caráter essencialmente conceitual, sem conformação prática direta com as circunstâncias espaciais e temporais inerentes ao contexto de sala de aula, no entanto, as próximas etapas, de caráter propositivo, consistiriam na passagem deste tratamento mais abstrato dos elementos que compunham o trabalho para um tratamento mais prático e aderente ao contexto.

Partindo do cronograma de atividades da escola e tendo em mente que o trabalho seria melhor aplicado em um intervalo de tempo que não possuísse muitas interrupções, tais como feriados, paralisações, semanas de provas, etc., chegamos à uma duração para a estratégia de 9 aulas, ou seja, 3 semanas, que era o tempo máximo possível de aulas seguidas no mês de novembro de 2017. Dessas 9 aulas, criamos

3 grupos com 3 aulas para cada parte da geladeira, o primeiro grupo de aulas para estudarmos o compressor, o segundo para a serpentina e o terceiro para a válvula descompressora e o congelador, que foram unidos como uma parte única para se adequarem ao tempo disponível. As partes da geladeira seriam estudadas uma após a outra seguindo o circuito de refrigeração, ensejando uma série de conceitos físicos que seriam desenvolvidos no decorrer das atividades previstas para cada uma delas. A conclusão de cada parte da geladeira valeria uma nota de 0,8 pontos, sendo o somatório de todas as partes equivalendo a 2,4 pontos acrescidos de 0,1 ponto para aqueles estudantes que participassem de todas as atividades, totalizando 2,5 pontos ao término de todo o trabalho (Quadro 4).

Quadro 4 – Divisão do trabalho em semanas e por notas

| Semana | Parte da geladeira | Quantidade de aulas | Nota |
|-------------|----------------------|---------------------|------|
| 1 | Compressor | 3 | 0,8 |
| 2 | Serpentina | 3 | 0,8 |
| 3 | Válvula e congelador | 3 | 0,8 |
| Total + 0,1 | Geladeira | 9 | 2,5 |

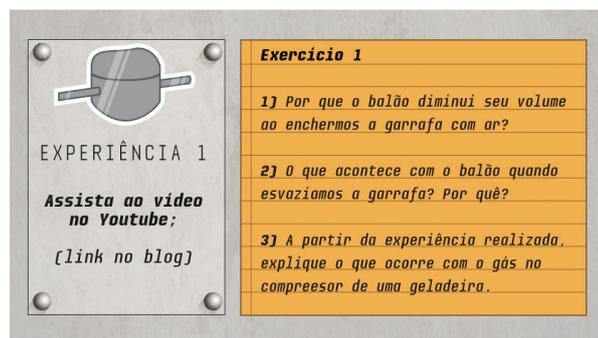
Fonte: produzido pelo autor

Seguindo os requisitos levantados nas etapas anteriores, criamos uma rede de suportes, com diferentes naturezas e formas de expressão, na qual o trabalho iria se apoiar:

- Experiências de baixo custo a partir de materiais recicláveis: criadas pelo professor e realizadas em sala, necessárias para inicialmente despertar o interesse e promover uma maior tangibilização dos conceitos construídos em sala de aula, trazendo para o plano da realidade aquilo que seria ensinado. Além disso, seriam essas experiências que desencadeariam os primeiros questionamentos por parte dos estudantes e a sua busca por respostas, característica típica de abordagens ABPP;
- Vídeos do Youtube: utilizados para demonstrar o circuito de refrigeração, assim como os elementos constituintes da geladeira e suas etapas de funcio-

- namento de forma mais próxima do que acontece na realidade, mostrando os processos ocorrendo em tempo real e diminuindo o nível de abstração para a apreensão deste conteúdo. Também para o ensino de conceitos físicos por meio da exibição de experiências de física, já demonstradas em sala, mas aqui acrescidas de explicações mais completas e ordenadas. E, por fim, para a contextualização e extrapolação desses conceitos fora do contexto científico mais restrito, promovendo ligações com outras áreas do conhecimento;
- Cartões de exercícios distribuídos por meio do aplicativo de mensagens instantâneas Whatsapp (Figura 12): criados para evitar perdas de tempo pela prática da cópia. Com os cartões, logo após as etapas demonstrativas do trabalho, o estudante já se encontrava instantaneamente de posse dos exercícios e trabalhos para realizar;

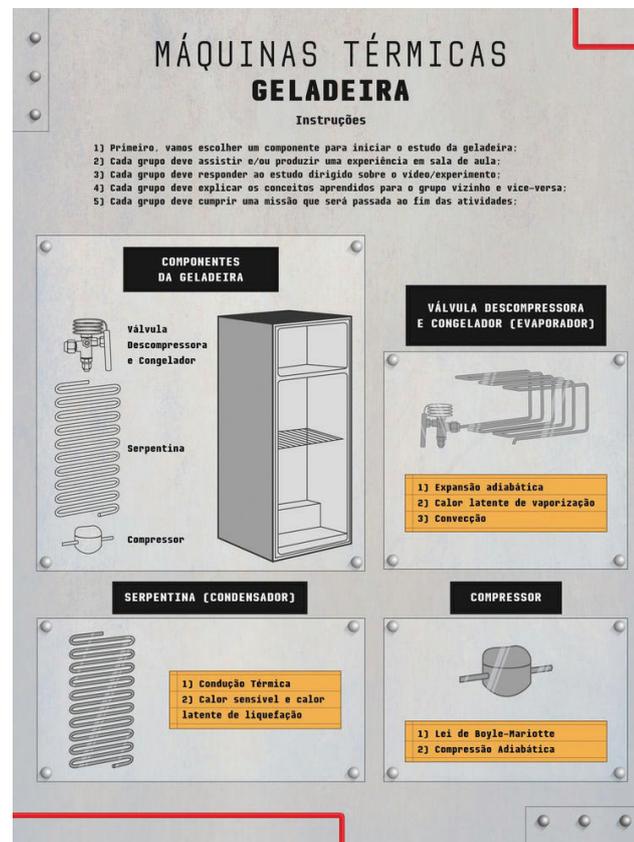
Figura 13 – Cartões de exercícios distribuídos via aplicativo de mensagens Whatsapp



Fonte: produzido pelos colaboradores

- Cartaz infográfico (Figura 13): com o objetivo de orientar os estudantes na execução de cada etapa do trabalho, além de fornecer uma visualização macro de todo o caminho a ser percorrido e fortalecer a identidade visual da estratégia juntamente com os outros elementos, tornando o espaço de sala de aula diferenciado em relação às outras disciplinas e simbolicamente mais importante;

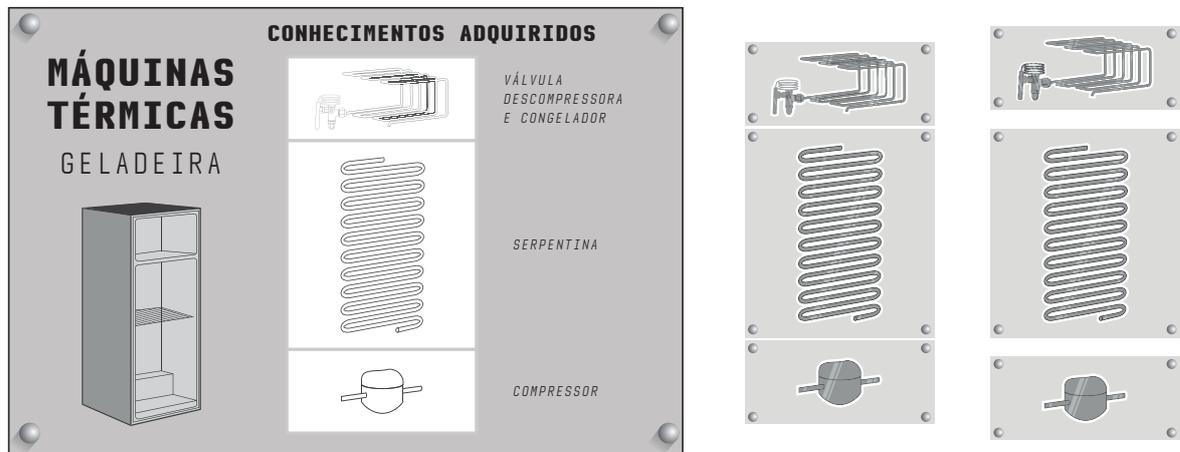
Figura 14 – Cartaz infográfico com a descrição de cada etapa do trabalho



Fonte: produzido pelos colaboradores

- Cartela de adesivos com os componentes da geladeira (Figura 14): a cada etapa realizada, o estudante ganhava um adesivo para colar em sua cartela, uma recompensa com o objetivo de promover um maior engajamento dos estudantes na execução das etapas do trabalho, servindo ainda como elemento de progresso de realização das atividades, assim como uma forma do estudante mensurar sua nota em um dado momento específico;

Figura 15 – Cartela de adesivos com os componentes da geladeira



Fonte: produzido pelos colaboradores

- Site (Figura 15): desenvolvido a partir da plataforma de criação e edição de sites Wix, tinha como objetivo tanto a recuperação dos estudantes que por algum motivo não puderam comparecer à aula, quanto a revisão dos conteúdos desenvolvidos, ao fim de cada etapa ou do trabalho completo. Ainda, o site apresentava um mapa de progresso, para situar os estudantes ao longo do desenvolvimento da estratégia.

Figura 16 – Site



Fonte: produzido pelos colaboradores

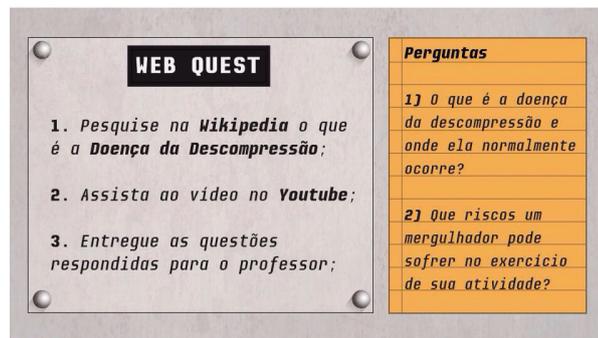
A partir destes suportes criados para o trabalho, desenvolvemos um roteiro que interligasse todos eles em um intervalo de 3 aulas, estabelecendo o momento em que cada suporte seria utilizado. Este roteiro foi pensado em um formato modular, de modo a estruturar individualmente cada parte da geladeira. Ele consistia nas seguintes etapas em sequência:

- Aula de apresentação: esta aula simples seria dada uma única vez em cada turma, com a finalidade de apresentar o trabalho de forma geral, explicando cada etapa que seria desenvolvida, o valor de cada atividade, os materiais e os suportes utilizados. Nesta aula os estudantes deveriam montar 4 grupos, fixos até o fim do trabalho, e receberiam cada um uma cartela adesiva que deveria ser fixada em seus cadernos, na qual colariam os adesivos pertinentes a cada componente da geladeira, recebidos ao término de cada etapa. Também nesta aula, seria discutida a importância da máquina geladeira, contextualizando seu uso ao longo da história e os benefícios trazidos pelo seu desenvolvimento, seu princípio de funcionamento básico e suas partes integrantes, além de exibido um vídeo descrevendo todo o circuito de refrigeração. Essa apresentação seria feita de forma rápida e relativamente superficial estabelecendo um primeiro elo de ligação entre o aspecto prático e o aspecto conceitual daquele conteúdo;
- Aula de desenvolvimento: nesta aula dupla, na qual seria explorado um dos componentes da geladeira, com os grupos 1, 2, 3 e 4 já divididos, os grupos 1 e 2 ficariam do lado esquerdo da sala e os grupos 3 e 4 do lado direito, no centro da sala se encontraria uma bancada na qual o professor realizaria dois experimentos diferentes, experimentos 1 e 2, na frente dos dois grupos. Primeiramente, o experimento 1 seria demonstrado para todos os grupos com a ajuda dos estudantes dos grupos 1 e 2, sem discussão prévia alguma. A partir do fenômeno experienciado, os estudantes dos grupos 1 e 2 iriam propor explicações a respeito do que foi visto. O mesmo procedimento ocorreria com a experiência 2 e os grupos 3 e 4. Após a discussão dos experimentos, seria então mostrado dois vídeos, que replicavam cada experiência demonstrada na prática, nos quais seriam apresentados os conceitos pertinentes àqueles experimentos. Ao término destes vídeos, o professor retomaria os conceitos

com os grupos esclarecendo suas dúvidas e questões e enviaria os exercícios 1, relativos ao primeiro experimento e 2, relativos ao segundo, para o grupo de Whatsapp da turma, de modo que cada grupo pegasse o seu exercício respectivo, através de seus celulares. Terminados a resolução e a discussão dos exercícios, mais um vídeo seria exibido, agora ligando os conceitos mostrados nas experiências e vídeos anteriores à parte específica da geladeira. Ao término deste vídeo, haveria um momento de intercâmbio, onde o grupo 1 se juntaria ao grupo 3 e o grupo 2 ao grupo 4 e cada um desses grupos explicaria para o outro as questões de seu experimento particular feitas nos exercícios. Finalmente, o vídeo da aula de apresentação sobre todo o ciclo de refrigeração seria mostrado novamente, enfatizando o papel daquela parte específica da geladeira estudada. Por fim, os exercícios feitos seriam entregues ao professor. Essa aula proporcionaria, portanto, a explicação dos conceitos pertinentes àquela parte da geladeira a partir de múltiplos suportes, sendo que a cada etapa, uma nova camada de profundidade conceitual seria adicionada, a primeira sendo o conceito básico da experiência, a segunda, o conceito anterior mais as explicações do vídeo e a terceira, esse conceito aprofundado, inserido no sistema geladeira;

- Aula de fechamento: nesta aula simples, os conceitos daquela parte específica da geladeira e do circuito de refrigeração seriam retomados de forma breve, como revisão. Após este procedimento, seria apresentado um vídeo sobre como os conceitos desenvolvidos na aula anterior se aplicavam a outros contextos e depois, seria realizada a aplicação de uma tarefa de pesquisa, chamada de *webquest*, na qual os grupos deveriam pesquisar na Internet questões relacionadas ao vídeo visto e responder os problemas enviados para o grupo de Whatsapp da sala (Figura 16), que seriam entregues ao final da aula para o professor. Essa aula, portanto, consistiria na extrapolação dos conceitos vistos no contexto da física, para outras áreas, tais como a biologia, a química, etc., além de explorar as habilidades de pesquisa dos estudantes a partir da execução dessa atividade em sala de aula com a condução do professor.

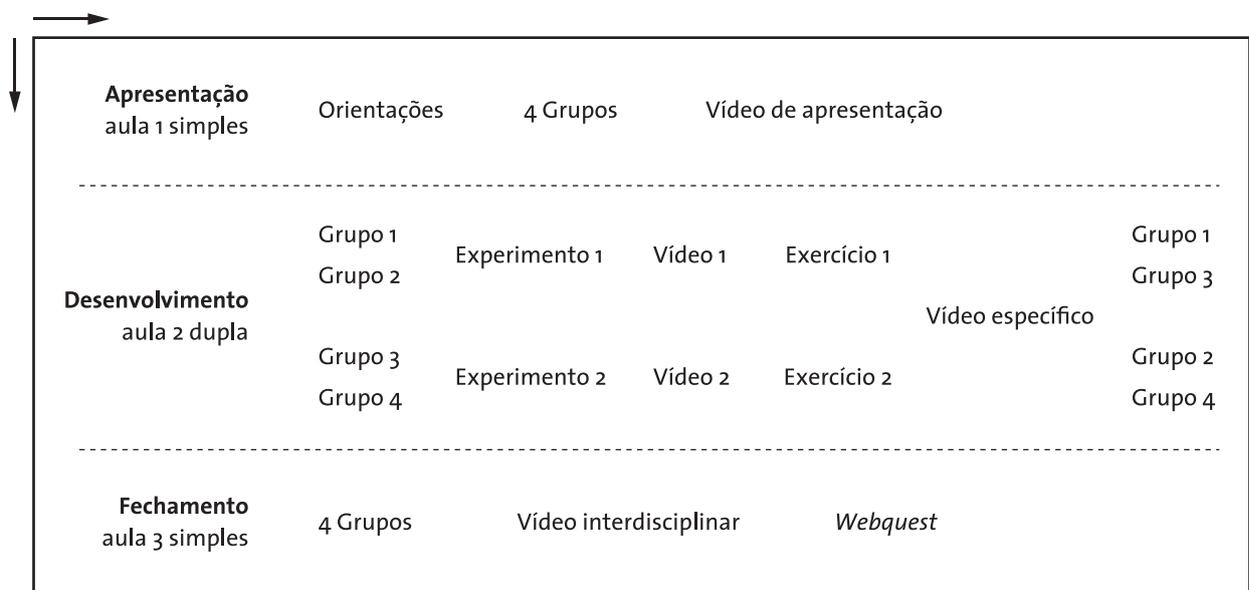
Figura 17 – Webquest distribuída via aplicativo de mensagens Whatsapp



Fonte: produzido pelos colaboradores

Finalmente, ao término desta primeira série de 3 aulas, com exceção da aula de apresentação, que só seria realizada uma única vez, este roteiro seria desenvolvido novamente, a cada 3 aulas, com uma nova parte da geladeira (Figura 17).

Figura 18 – Roteiro de aplicação da estratégia



Fonte: produzido pelo autor

Embora os colaboradores César Domingos e Marcelo Brasileiro tenham participado das etapas anteriores da investigação, foi nessa etapa, que de fato suas contribuições ganharam maior intensidade. No entanto, desde as primeiras observações, ainda no estudo do contexto, suas apreensões foram importantes no processo de desnaturalização da minha prática enquanto professor.

Pelos muitos anos de experiência, implicando em um olhar particular voltado para os variados aspectos do universo escolar, circunstanciados pela vivência profissional e prática do professor em sala de aula, algumas apreensões deste universo poderiam passar despercebidas, por exemplo, aquelas relacionadas ao modo como os estudantes interagem com a figura do professor, a forma como se apropriavam das ferramentas didáticas disponíveis, como o processo de ensino-aprendizagem se estabelecia no contexto dado, etc. Coube aos colaboradores, estranhos àquele ambiente, a tarefa de fornecer um novo olhar sobre todas essas variáveis, de modo a atenuar o viés do professor, propondo caminhos e soluções para a estratégia com potencial inovador e criativo muito maior do que teria ocorrido em um trabalho individual e solitário.

Por fim, seja se apropriando do contexto, projetando os elementos que estruturaram a estratégia ou discutindo formas de implementação da mesma na realidade de sala de aula, o relacionamento estabelecido entre a pós-graduação, por meio de uma pesquisa de mestrado (professor), e a graduação, através de um projeto de trabalho de conclusão de curso (colaboradores), foi importante também por proporcionar maior liberdade para o pesquisador (professor) atuar na dimensão investigativa da pesquisa, já que a responsabilidade na condução da fase propositiva foi compartilhada com os colaboradores de modo cocriativo e colaborativo.

4.4 Implementação da estratégia

A implementação do trabalho ocorreu nas quatro turmas, 2A, 2B, 2C e 2D, no período entre 09 e 27 de novembro, representando um total de 9 aulas para o desenvolvimento das atividades previstas em cada turma. Embora, como já mencionado, as turmas tivessem diferenças acentuadas entre si, esta etapa da intervenção é descrita de forma geral, sem contudo, deixar de ressaltar, especialmente na discussão, as particularidades de cada turma durante a implementação da intervenção.

Este trabalho foi desenvolvido tendo como base uma série de suportes e elementos que demandavam uma sala ambiente para a sua execução. No entanto, as salas do CEd 06 não eram ambientes, problema que foi resolvido com a utilização de uma das salas de recursos ao longo de todo o mês de novembro.

O primeiro passo na execução do trabalho foi a preparação da sala antes da aula. As carteiras foram dispostas de modo que houvesse um espaço no centro da

sala para a montagem da bancada e posterior demonstração dos experimentos e que promovesse a separação dos grupos em ambos os lados da sala. O cartaz ficava no lado direito do quadro branco, a TV, na qual seriam mostrados os vídeos ficava no centro, à frente do quadro branco que, por sua vez, tinha livre toda a sua extensão esquerda, para explicações adicionais, representações dos conteúdos, etc (Figura 18).

Figura 19 – Preparação da sala de aula

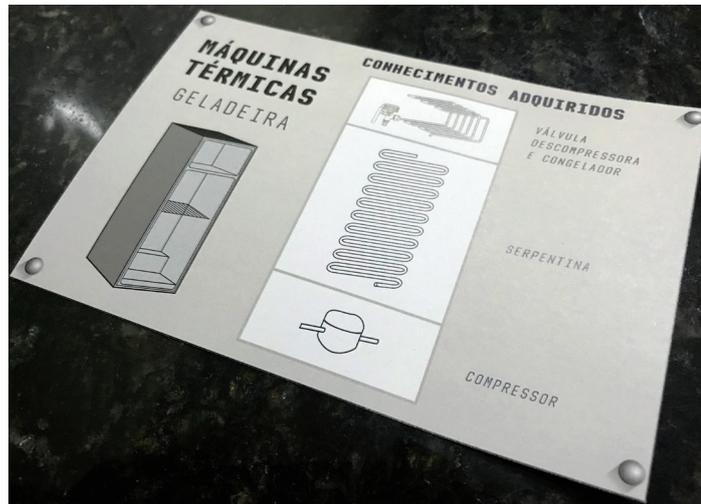


Fonte: produzido pelo autor

Na primeira aula, de apresentação, os estudantes foram informados a respeito de como o trabalho funcionaria ao longo do mês de novembro, as atividades a serem desenvolvidas, as notas de cada etapa e, a eles foi entregue uma cartela adesiva (Figura 19), que deveria ser fixada em seus cadernos, para que colassem os adesivos que fossem ganhando no decorrer das etapas do trabalho. Em um segundo momento coube a eles formar 4 grupos que, dependendo do tamanho da turma, continham 4 ou 5 participantes. Foi discutido a importância da geladeira no nosso dia a dia e

porque ela era vista como uma máquina térmica, o que a diferenciava de outras máquinas e quais os seus componentes.

Figura 20 – Cartela de adesivos para ser colada no caderno dos estudantes



Fonte: produzido pelos colaboradores

Ao término dessa parte expositiva, passamos um vídeo do Youtube (Figura 20) que descrevia todo o circuito de refrigeração. Esta aula não tinha uma natureza muito diferente daquelas já praticadas anteriormente à intervenção, mas serviu como ponto de partida para o restante do trabalho.

Figura 21 – Vídeo com a descrição do circuito de refrigeração



Como funciona um circuito de refrigeração?

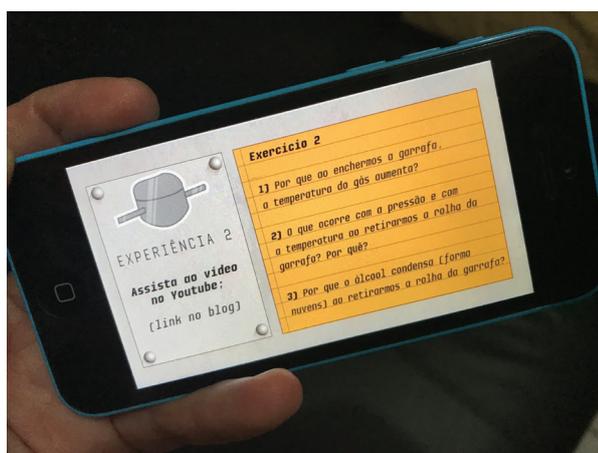
112,642 views

1.7K likes 39 comments SHARE ...

Fonte: <https://youtu.be/VHrfwDax3GA>

Na próxima aula, foi desenvolvido o componente compressor da geladeira. Começamos com a demonstração de dois experimentos, um relacionado a Lei de Boyle e o outro à compressão adiabática, sendo ambos confeccionados previamente pelo professor com materiais de baixo custo: garrafas pet, balão de borracha, álcool e bomba de ar. Para os grupos 1 e 2 localizados à direita da sala foi atribuído o experimento da lei de Boyle e para os grupos 3 e 4, à esquerda da sala, o experimento da compressão adiabática. Os dois experimentos foram demonstrados para todos os grupos, mas cabia a cada par de grupos a tentativa de explicação do seu experimento respectivo. Os estudantes então tentaram explicar, à sua maneira, o que havia ocorrido naqueles experimentos, desenvolvendo teorias e conceitos para isso, o professor conduzia estes momentos de modo a fomentar o debate. Após esta etapa, foram exibidos os vídeos, que tinham em torno de 3,5 minutos e mostravam exatamente os experimentos que tinham acabado de ser executados em sala, mas com as explicações dos conceitos. O professor, então, retomou a explicação procurando alinhar o que os estudantes tinham falado com o que havia sido apresentado nos vídeos para posteriormente enviar para o grupo de Whatsapp da sala, naquele momento, os exercícios, específicos para cada experimento (Figura 21), que deveriam ser resolvidos e entregues a ele pelos grupos no intervalo de 30 minutos.

Figura 22 – Exercício enviado para o grupo de Whatsapp da turma



Fonte: produzido pelos colaboradores

Durante a resolução destes exercícios, o professor podia auxiliar os grupos, explicando e ajustando suas respostas, fornecendo ainda explicações adicionais sobre os

conceitos abordados. Ao fim dos 30 minutos, quando foram entregues os exercícios ao professor em folha separada, uma por grupo, foi exibido um vídeo com 4 minutos que mostrava as etapas de funcionamento de um compressor típico, criando uma ponte entre os experimentos e os vídeos exibidos anteriormente (Figura 22).

Figura 23 – Vídeo mostrando as etapas de funcionamento do compressor

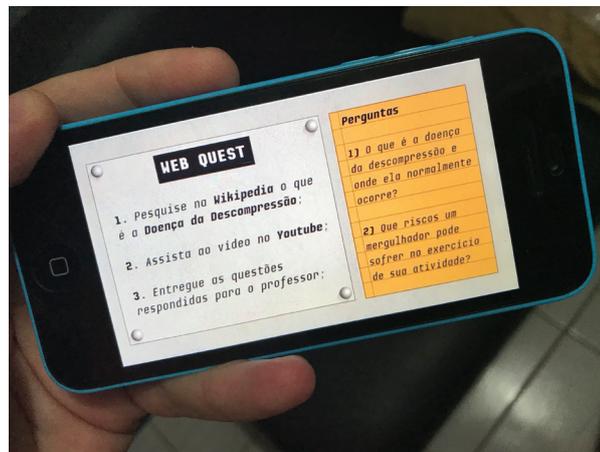


Fonte: <https://youtu.be/MdlEwK1PqLk>

Depois, mais uma vez o vídeo sobre o circuito de refrigeração foi exibido para que os estudantes percebessem o papel do compressor no funcionamento da geladeira. A última atividade desta aula consistiu no intercâmbio entre grupos, no qual o grupo 1 se juntou ao 3 e o grupo 2 ao 4, de modo que cada grupo pudesse explicar para o outro as questões conceituais que tinham resolvido nos seus respectivos exercícios.

A aula seguinte era simples (1 aula) e consistia na última aula a respeito do compressor. Nesta aula, de contextualização dos conceitos desenvolvidos na aula dupla anterior, foi apresentado um vídeo com tempo aproximado de 7 minutos sobre a profissão do mergulhador e quais os riscos que esse profissional corria no seu trabalho. Este vídeo desenvolvia a lei de Boyle mostrando que sua aplicação ia além do compressor da geladeira. A partir do vídeo, foi aplicada uma atividade de pesquisa, *webquest*, enviada para o grupo de Whatsapp da turma (Figura 23), na qual os estudantes tiveram que pesquisar na Internet, utilizando seus celulares, sobre embolia pulmonar, quais suas causas e riscos à saúde, especialmente dos mergulhadores. Essa atividade de pesquisa durou em média 25 minutos.

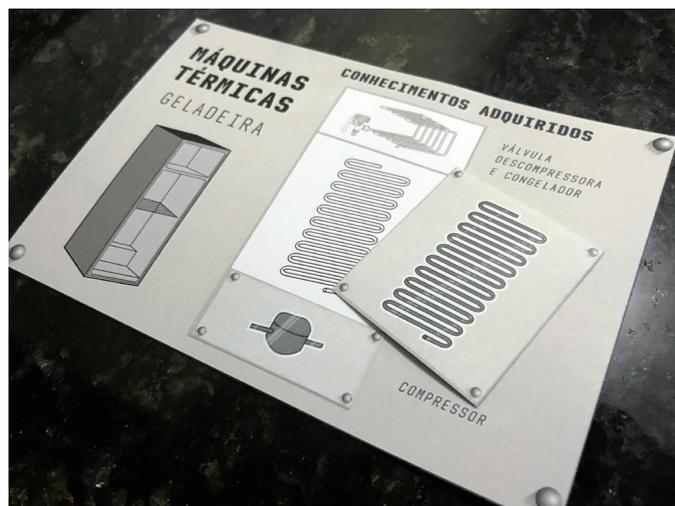
Figura 24 – Webquest enviada para o grupo de Whatsapp da turma



Fonte: produzido pelos colaboradores

Ao fim dessa etapa houve o fechamento do compressor, quando foi entregue o adesivo pertinente a este componente (Figura 24). Os estudantes que estiveram presentes nas 3 aulas e realizaram todas as atividades ganharam o adesivo do compressor, que devia ser colado em suas cartelas, o que na prática significava 0,8 pontos no trabalho.

Figura 25 – Adesivo da etapa compressor colado na cartela dos estudantes



Fonte: produzido pelos colaboradores

Na semana posterior seria desenvolvido o componente serpentina e na subseqüente os componentes válvula descompressora e congelador, de forma análoga a descrita acima.

Durante a implementação do trabalho, percebemos que o rendimento das atividades era menor quando estas eram aplicadas no primeiro horário e no último. O primeiro horário era afetado principalmente pelas faltas e atrasos dos estudantes, pois boa parte deles trabalhava em locais longe da escola e dependiam do transporte público, de modo que era difícil chegar a tempo da primeira aula, dessa forma os grupos ficavam desfalcados, diminuindo as possibilidades de discussão ou aumentando o retrabalho nas explicações a respeito das atividades que tinham que ser repetidas para aqueles que haviam acabado de chegar em atraso. Em relação ao último horário, que ia de 22 horas e 15 minutos às 23 horas, por já ser muito tarde, os estudantes estavam cansados e por conta disso, havia uma diminuição das discussões e questões colocadas por eles, relativamente aos primeiros horários, sendo que muitos faziam apelos para que a aula terminasse alguns minutos mais cedo.

Constatamos também que o tempo definido para cada atividade tinha que ser seguido rigorosamente, pois havia a tendência de, dependendo da turma, haver mais gastos em uma atividade ou em outra. Por exemplo, o 2A tinha uma tendência maior a avançar nas discussões e debates sobre os conceitos, o 2D já se interessava mais em manipular as experiências. Portanto, cabia ao professor a regulação do tempo destinado a cada atividade para não atrapalhar o bom andamento do trabalho e terminar ao fim da aula com as atividades previstas feitas.

Em relação aos equipamentos disponíveis para os estudantes, nem todos tinham celulares com acesso à Internet para receber os cartões de exercícios, sendo que em uma das turmas, em um dado dia, nenhum dos integrantes de um grupo específico possuía este dispositivo, problema que foi resolvido colocando as questões relativas àquele grupo na TV para que eles pudessem fazer a atividade. No entanto, isso serviu de alerta para que se fosse pensado neste tipo de restrição ao longo das outras atividades.

No que diz respeito à utilização do *site*, este acabou ficando em segundo plano, sendo mais utilizado pelos estudantes que faltaram em algumas das aulas, de modo que pudessem recuperar sua nota, embora tivesse sido pensado para o acompanhamento aula a aula pelos estudantes que realizassem as atividades em sala, com o objetivo de revisar os conceitos e atividades. A apostila, mesmo sendo utilizada algumas vezes na execução das *webquests*, poderia ter sido mais explorada como suporte de estudo.

Notamos no decorrer da aplicação de todas as etapas do trabalho, que este não apresentou muita flexibilidade em relação a momentos imprevisíveis durante as aulas, tais como compactação de horário, cancelamentos e subidas de aula, etc. Como as atividades eram realizadas quase que essencialmente em sala de aula, qualquer interrupção atrapalhava esse desenvolvimento, cabendo aos estudantes utilizarem o *site* como forma alternativa para o progresso do trabalho.

Quanto aos impactos da estratégia de ensino-aprendizagem no professor, notamos que ele se desgastou menos do ponto de vista puramente físico, pois não era necessário que falasse tanto e o formato dinâmico do trabalho diminuiu os gastos energéticos para manter a atenção dos estudantes. No entanto, houve acentuado desgaste cognitivo, pois o professor precisava estar constantemente controlando o tempo e operando equipamentos diferentes, ora montando e manipulando experiências, ora operando a TV, enviando exercícios pelo Whatsapp, etc.

Contudo, acreditamos que este desgaste se acentuou pelo fato deste ter sido o primeiro semestre de implementação da estratégia, na qual a mesma ainda necessitava de ajustes, que iam sendo feitos a medida em que as aulas iam ocorrendo. Podemos, ainda, inferir que a mudança na estrutura das aulas também contribuiu para um desgaste maior do professor, pois foi necessário o desenvolvimento de uma série de adaptações e novas estratégias no trato com os estudantes, com os recursos didáticos e também com o conteúdo, abordado de forma não usual. Portanto, defendemos que, nos próximos semestres, com a prática na execução da estratégia, este custo cognitivo venha a diminuir.

4.5 Avaliação dos impactos da estratégia

Nas fases anteriores à aplicação do trabalho, que se sustentava na nova estratégia de ensino-aprendizagem, concluímos que para a avaliação dos seus impactos não seria possível o estabelecimento de uma ou duas turmas controle, pois como as quatro turmas eram muito heterogêneas entre si, não fazia sentido não aplicarmos a estratégia em uma turma para depois comparar os resultados com àquelas nas quais havíamos aplicado, já que haveria toda uma sorte de peculiaridades, conforme já discutidas neste trabalho, inerentes a cada turma influenciando os dados colhidos.

Portanto, resolvemos partir para uma avaliação de forma longitudinal, aplicando o trabalho em todas as turmas e comparando com os semestres anteriores, nos quais as aulas tinham sido dadas de forma tradicional. Embora as turmas comparadas ao longo dos semestres fossem diferentes, como já foi dito neste relato, existia uma tendência de se manterem suas características tais como idade, jornada de trabalho, aspirações futuras, etc.

Os dados obtidos para a avaliação deste trabalho foram em sua maioria qualitativos, baseados nas observações feitas pelo professor ao longo do desenvolvimento das atividades e na comparação com a forma como os estudantes interagem com os conteúdos e avaliações propostas nos semestres anteriores. Dados quantitativos relacionados à quantidade de estudantes de recuperação, à diminuição da evasão escolar e ao aumento das notas no final do semestre também foram obtidos, mas estes serviram apenas como indícios para a especulação de algumas conclusões.

A partir disso, uma das primeiras conclusões que obtivemos a respeito desta nova estratégia de ensino-aprendizagem foi que o fato de utilizarmos uma sala específica, transformada em sala ambiente, com uma organização espacial diferenciada, a presença de materiais impressos, atividades transmitidas pelo Whatsapp, etc. conferiu à aula de física um caráter diferenciado em relação às outras aulas das demais disciplinas da escola, criando uma noção de comprometimento por parte dos estudantes que não havia no início do semestre. Em mais de uma ocasião, por exemplo, estudantes foram às aulas de física mesmo estando de atestado médico, outras vezes, ao faltar uma das aulas do trabalho, comunicavam ao professor imediatamente os motivos da falta e perguntavam sobre o que poderiam fazer para recuperar a nota.

Em relação ao comportamento, as turmas 2C e 2D com estudantes mais novos, sempre tiveram problemas, de modo que constantemente às aulas tradicionais tinham de ser interrompidas para que eles se comportassem e prestassem atenção, além de nem sempre fazerem os trabalhos propostos, mesmo estes valendo nota. No entanto, com a nova estratégia, estes mesmos estudantes se engajaram de forma acentuada, muitas vezes liderando os seus respectivos grupos no desenvolvimento das atividades, saindo menos da sala de aula e participando dos debates e discussões de forma mais ativa.

A comunicação via Whatsapp, proposta no trabalho, melhorou muito a relação entre professor e turma, facilitando a transmissão de avisos diversos, o compartilha-

mento e esclarecimento de dúvidas na execução das atividades e a divulgação de notas. Inclusive, houve um caso específico, em uma aula de aplicação da estratégia, na qual uma estudante não pode comparecer à aula e, por meio do aplicativo, conversou com seus colegas que comunicaram a situação ao professor. A partir do seu aval, a estudante pode, então, fazer a atividade com seu grupo, à distância, vendo os vídeos da sua casa, no momento em que a aula ocorria na escola. Em síntese, podemos afirmar que uma relação mais amistosa e empática foi estabelecida entre professor e estudantes, tornando a prática de ensino-aprendizagem mais fluida, independentemente das fronteiras físicas e hierárquicas da escola.

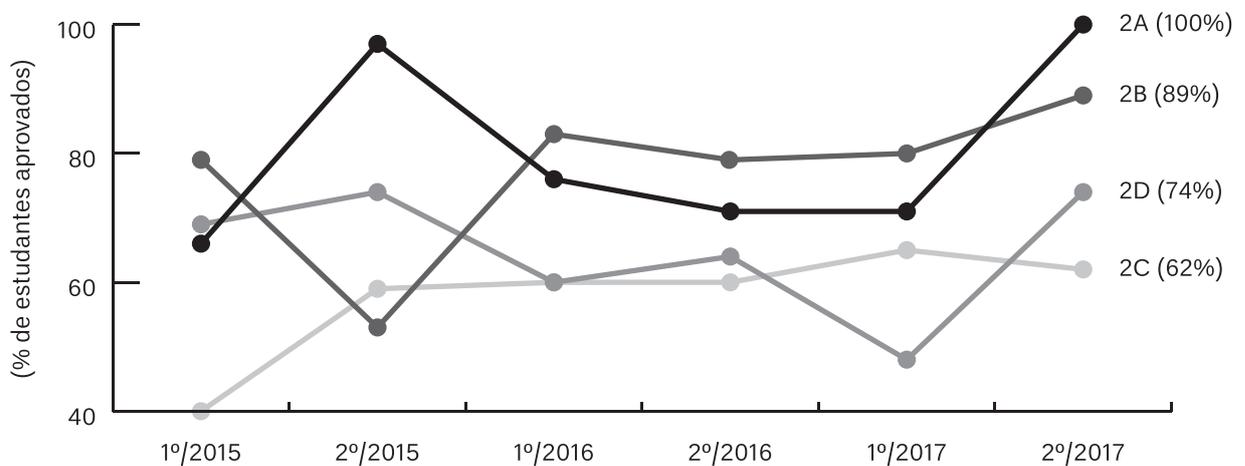
No que tange o conteúdo dado, em um mês de trabalho, conseguimos desenvolver mais conceitos do que jamais havia sido feito em um intervalo de tempo similar em todos os semestres anteriores. A ausência de perdas de tempo copiando conteúdos e os múltiplos suportes utilizados proporcionaram uma maior facilidade na construção dos conceitos relacionados às máquinas térmicas, sem que isso se configurasse como uma abordagem superficial ou apressada.

Notamos ainda que mesmo as turmas sendo bastante diferentes, não foram necessárias grandes adaptações para a execução do trabalho em cada uma delas. Percebemos uma facilidade maior dos estudantes mais velhos em apreender os conceitos desenvolvidos e expressá-los de forma qualitativa e coloquial nas atividades feitas durante o trabalho, do que quando cobrados estes mesmos conceitos na Avaliação Multidisciplinar do final do semestre. Enquanto estes estudantes não acompanharam o desempenho mostrado no decorrer do trabalho, aqueles mais novos, das turmas 2C e 2D, mantiveram desempenho semelhante na avaliação final.

Uma possível explicação para o baixo desempenho nas turmas com estudantes mais velhos diz respeito ao tipo de avaliação que é a AM. Essa prova individual, objetiva e aplicada sem consulta e sem a ajuda do professor, se configura como uma avaliação essencialmente somativa, para a aferição de conhecimentos em um momento específico no espaço e no tempo (o dia da prova). O que é exatamente o contrário da forma de avaliar da estratégia implementada, baseada em pequenos exercícios, feitos em parceria entre os estudantes e com o professor auxiliando, de maneira formativa, na qual os conceitos são construídos colaborativamente. Portanto, acreditamos que uma avaliação da natureza da AM não é a mais adequada para avaliar o conhecimento apreendido pelos estudantes, em especial aqueles com idade mais avançada.

Continuando, apesar deste suposto mau desempenho dos estudantes mais velhos na Avaliação Multidisciplinar, este semestre apresentou um número maior de aprovados em relação aos semestres anteriores (Figura 26). Embora não possamos afirmar que a intervenção tenha sido a única responsável por isto, tanto pelo número relativamente pequeno de estudantes participantes (ao todo 74), quanto pela quantidade de vezes em que foi aplicada em cada turma (uma vez no 2º/2017), é provável que a mesma tenha tido sua parcela de responsabilidade neste resultado.

Figura 26 – Gráfico com o percentual de estudantes aprovados em física



Fonte: produzido pelo autor

Ainda, em relação aos processos avaliativos, houve, no dia 19/11, o Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos (ENCCEJA). Muitos estudantes fizeram o exame com o intuito de adquirir o certificado de proficiência do ensino médio, eliminando, dessa forma, a necessidade de continuar na escola. Mesmo sem saber o resultado final da prova, foi possível, a partir das verbalizações de vários estudantes, notar que parte do conteúdo abordado no trabalho de física foi cobrado no exame da forma como havíamos abordado, o que os deixou felizes e confiantes em obter bons resultados na avaliação e, em um certo sentido, validou a forma como os conceitos foram apropriados pela intervenção.

Por fim, mesmo colhendo resultados positivos significativos, notamos que a estratégia aplicada tem potencial para evolução e para uma maior transformação do ambiente de sala de aula. Dentre os pontos de aprimoramento discutidos, alguns de-

les ainda durante a implementação da estratégia, estão: (a) a criação de novas “máquinas térmicas” com narrativas, ferramentas e suportes diferentes entre si, de modo que possamos criar um banco de projetos para, em um futuro próximo, ser oferecido aos estudantes, de forma que estes escolham qual máquina térmica querem estudar; (b) a transferência da responsabilidade da construção e execução dos experimentos de baixo custo do professor para os estudantes, tornando a estratégia ainda mais alinhada com as abordagens da ABPP; (c) a abertura de um diálogo maior entre a física e as outras disciplinas durante a execução da estratégia de ensino-aprendizagem e, indo além, a replicação das metodologias dessa estratégia para outros conteúdos e etapas da física, assim como para outras disciplinas, especialmente aquelas voltadas às áreas de ciências tais como química, biologia e matemática.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todas as transformações pelas quais nossa sociedade tem passado nos últimos anos, a mais relevante diz respeito à importância que as pessoas, e a própria sociedade como um todo, tem atribuído à informação, à tecnologia e ao conhecimento. Sem dúvida, aqueles que estejam preparados para lidar com um fluxo cada vez maior de informação, que saibam articular conhecimentos de áreas diversas com suas áreas profissionais ou de interesse e que tenham o trabalho colaborativo e participativo como forma de ação quando lidando com problemas complexos, já estão em clara vantagem em relação às pessoas que ainda pensam de acordo com o antigo paradigma cartesiano. A escola, portanto, tendo como finalidade primeira a formação das pessoas, o desenvolvimento de conhecimentos e competências que dialogam com as mudanças que ocorrem ao seu redor e, também, em seu interior, possui importância estratégica nesse novo mundo. No entanto, na prática o que vemos é uma instituição, especialmente a escola pública, que tem sérias dificuldades em se modernizar e que, impossibilitada de responder aos anseios e demandas do mundo moderno, gera sentimentos de inadequação e insatisfação por parte dos estudantes, dos professores e, em última análise, da sociedade.

Nesse sentido, a presente investigação teve como objetivo utilizar abordagens de design para o desenvolvimento de uma estratégia de ensino-aprendizagem para a educação de jovens e adultos do CEd 06 de Ceilândia que pudesse diminuir a distância entre a realidade informacional e tecnológica vivida pelos estudantes e aquela dentro de sala de aula, presa ao passado, ainda vinculada a métodos transmissivos de informações fragmentadas e alheias ao cotidiano deles. Essas abordagens não foram uma escolha feita ao acaso, para justificá-las, articulamos o campo do design, junto com algumas de suas áreas particulares, aos desafios do mundo moderno, mostrando que este campo tem se desenvolvido ao longo dos anos, na busca por propor novos modos de pensar, projetar e, conseqüentemente, novas soluções para a infinidade de problemas que se complexificam com o passar dos anos.

Propusemos, então, para desenvolvimento da estratégia de ensino-aprendizagem, uma articulação entre abordagens de apreensão do contexto e de estruturação de problemas vindas da AET em conjunto com os métodos propositivos do design, inseridos sob uma perspectiva mais ampla, em um delineamento de estudo de caso. A partir destes métodos, buscamos, por meio de entrevistas, observações e análise documental, a apreensão do contexto de sala de aula da escola pública, procurando estabelecer um quadro no qual eram dispostos as características deste contexto, o modo como os estudantes e professor estavam situados no mesmo, suas relações mantidas entre si e com os recursos disponíveis na escola e, principalmente, de que forma os estudantes enxergavam a sala de aula, o que os motivava a voltar aos estudos e a seguir em frente na educação formal.

Diante deste cenário, utilizamos técnicas do design de documentação e apreensão dessas informações, nos apropriando de maneira sistemática de processos divergentes e convergentes de pensamento, de modo a criarmos alternativas de soluções inovadoras e criativas em uma fase para, em seguida, tentar adaptá-las ao contexto real de aplicação, com seus constrangimentos e restrições. Na etapa propositiva, de concepção propriamente dita da estratégia de ensino-aprendizagem, contamos com a ajuda essencial dos colaboradores César Domingos e Marcelo Brasileiro, estudantes de design da Universidade de Brasília, que nos ajudaram a estruturar o problema, a pensar novos modos de ação e de intervenção no contexto escolar, gerando alternativas para a estratégia inicialmente de forma exploratória, em seguida contextual e, por fim, cocriativa, fomentando por meio do trabalho colaborativo, soluções que dificilmente seriam criadas a partir de uma perspectiva de trabalho individual.

A solução final, a partir da geração de alternativas, foi prototipada e então implementada no contexto escolar, nas quatro turmas de segundo ano da escola CEd 06 de Ceilândia. O processo de implementação e execução da estratégia ocorreu de forma iterativa, buscando, a cada aplicação em um turma particular, colher dados sobre o modo como os estudantes interagiam com os recursos fornecidos pela estratégia, quais eram suas falhas ou problemas, que não haviam sido previstos na etapa de concepção, e como suas mecânicas de articulação com os estudantes, o professor e estes recursos se concretizava.

Finalmente, na etapa de avaliação, a partir dos dados qualitativos fornecidos por observações e entrevistas e, por meio de dados quantitativos, obtidos em com-

paração com as notas e índices de aprovação e recuperação de outros semestres anteriores, foi possível constatar que de fato a estratégia de ensino-aprendizagem impactou de forma positiva no contexto escolar, tendo aumentado o engajamento dos estudantes com a disciplina, o nível de participação e comprometimento, a diminuição das taxas de ausência, além do aumento da satisfação das turmas e do professor, que lidaram com conceitos e formas de conhecimento intimamente vinculadas ao seus contextos reais. Constatamos, ainda, que os processos utilizados no desenvolvimento da estratégia tem potencial para serem portados para o ensino de outras disciplinas, em especial, as ciências da natureza, de modo a promover, além de uma atualização nas técnicas de ensino-aprendizagem dessas disciplinas, o fomento a novas possibilidades para um ensino mais interdisciplinar e sistêmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, Júlia *et al.* *Introdução à Ergonomia: da prática à teoria*. São Paulo: Blucher, 2009.

BAER, Kim. *Information design workbook: graphic approaches, solutions, and inspiration + 30 cases studies*. Beverly: Rockport Publishers, 2008.

BONSIEPE, Gui. *Design, cultura e sociedade*. São Paulo: Blucher, 2011.

_____. *Design: do material ao digital*. Florianópolis: FIESC/IEL, 1997.

BRASILEIRO, Marcelo; DOMINGOS, César. *Solução gamificada para o aprendizado de física no contexto do ensino de jovens e adultos*. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Design, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

BÜRDEK, Bernhard E. *Design: história, teoria e prática do design de produtos*. São Paulo: Blucher, 2010.

CARDOSO, Rafael. *Design para um mundo complexo*. São Paulo: Cosac Naify, 2011.

CAVALCANTI, Carolina Costa; FILATRO, Andrea. *Design Thinking na educação presencial, a distância e corporativa*. São Paulo: Saraiva, 2017.

DESIGN COUNCIL. *Designers across disciplines share strikingly similar approaches to the creative process, which we've mapped out as "the Double Diamond"*. Disponível em: <<https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-process-what-double-diamond>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

DISTRITO FEDERAL. *Currículo em movimento da educação básica – Educação de jovens e adultos*. Disponível em: <<http://www.educacao.df.gov.br/curriculo-em-movimento-da-educacao-basica-2/>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

DOPPELT, Yaron *et al.* *Engagement and achievements: a case study of design-based learning in a science context*. Journal of Technology Education. Blacksburg, v. 19, n. 2, primavera 2008. Disponível em: <<https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v19n2/pdf/doppelt.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

FILATRO, Andrea. *Design instrucional contextualizado*. São Paulo: Senac, 2010.

FLUSSER, Vilém. *O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação*. São Paulo: Cosac Naify, 2007.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco J. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. São Paulo: Palas Athena, 2004.

MEIRELLES, Isabel. *Design for information: an introduction to the histories, theories, and best practices behind effective information visualizations*. Beverly: Rockport Publishers, 2013.

MORAES, Maria Cândida. *O paradigma educacional emergente*. Em Aberto, Brasília, Ano 16, n. 70, p. 57-69, abr./jun. 1996. Disponível em: <<http://rbep.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/2081/2050>>. Acesso em: 06 maio 2018.

MORIN, Edgar. *Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios*. Organização: Maria da Conceição de Almeida e Edgard de Assis Carvalho. São Paulo: Cortez, 2007.

_____. *A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

NORMAN, Donald A. *O design do futuro*. Rio de Janeiro: Rocco, 2007.

OSTERMAN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. *Teorias de aprendizagem*. Porto Alegre: Evangraf, 2011.

ROGERS, Carl; ZIMRING, Fred. *Carl Rogers*. Tradução e organização: Marco Antônio Lorieri. Recife: Editora Massangana, 2010.

ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen; PREECE, Jennifer. *Design de interação: além da interação da interação humano-computador*. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RÜDIGER, Francisco Ricardo. *Introdução às teorias da Cibercultura: perspectiva do pensamento tecnológico contemporâneo*. Porto Alegre: Sulina, 2007.

SAFFER, Dan. *Design for interaction: creating innovative applications and devices*. Califórnia: New Riders, 2010.

SANTAELLA, Lúcia. *Culturas e artes do pós-humano: da cultura das mídias à cibercultura*. São Paulo: Paulus, 2003.

SILVA, Tiago Barros Pontes. *Um campo epistemológico para o Design*. Revista de Design, Tecnologia e Sociedade. Brasília, v. 2, n. 2, p. 23-41, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/design-tecnologia-sociedade/article/view/19968>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

STICKDORN, Marc; SCHNEIDER, Jakob *et al.* *Isto é Design Thinking de Serviços: fundamentos, ferramentas, casos*. Porto Alegre: Bookman, 2014.

VASSÃO, Caio Adorno. *Metadesign: ferramentas, estratégias e ética para a complexidade*. São Paulo: Blucher, 2010.

APÊNDICES

Apêndice A

Roteiro de perguntas da entrevista com grupo focal

1. Quando você percebe que compreendeu um conteúdo?
2. Quando você sente que pode lidar com os trabalhos e exercícios sozinho?
3. De que forma novos conteúdos estimulam sua aprendizagem (qual é o impacto)?
4. Do que você tem medo em relação às aulas?
5. Qual é a importância da escola para sua vida e como isso reflete na sociedade?
6. O que faz com que você se sinta importante para a sua turma e seu grupo de amigos?
7. Quando você sente que algo positivo foi uma conquista sua?
8. O que te deixa impaciente quando busca evoluir nos trabalhos e exercícios?
9. Você entende com facilidade os conteúdos?
10. Quão importante é o uso de exemplos nas explicações?
11. Como você estuda?
12. Qual é o seu material de estudo?

Apêndice B**Links para os vídeos da aula de apresentação de Máquinas térmicas – Geladeira**

Vídeo 1: Física: Que gelo! – Como funciona a geladeira?

https://youtu.be/kp_vVuBtc-U

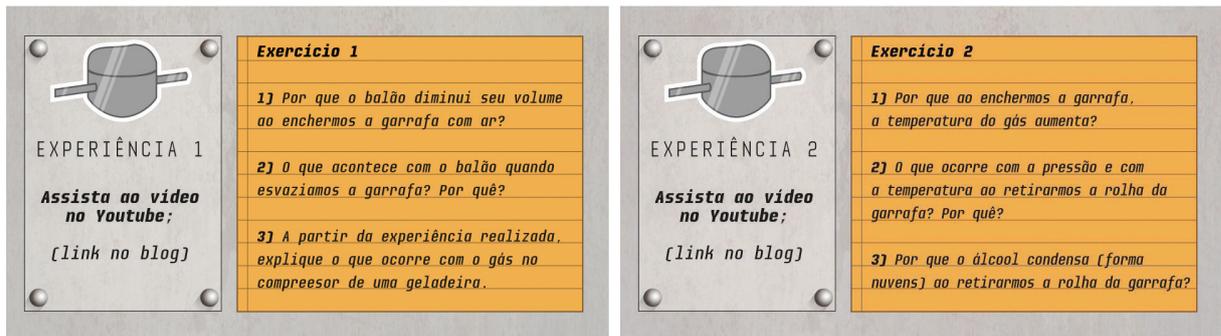
Vídeo 2: Como funciona um circuito de refrigeração?

<https://youtu.be/VHrfdax3GA>

Apêndice C

Cartões de exercícios distribuídos via aplicativo de mensagens Whatsapp com os respectivos *links* dos vídeos do Youtube para as experiências

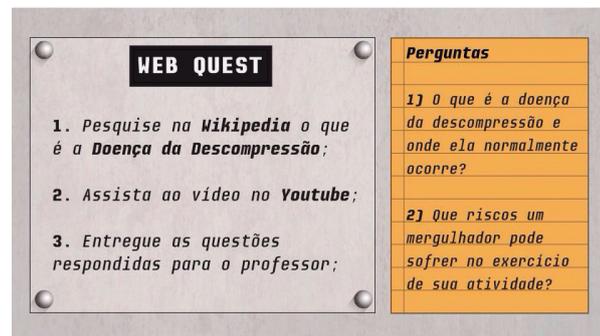
1. Compressor



1. <https://youtu.be/7hemUwHkqus>

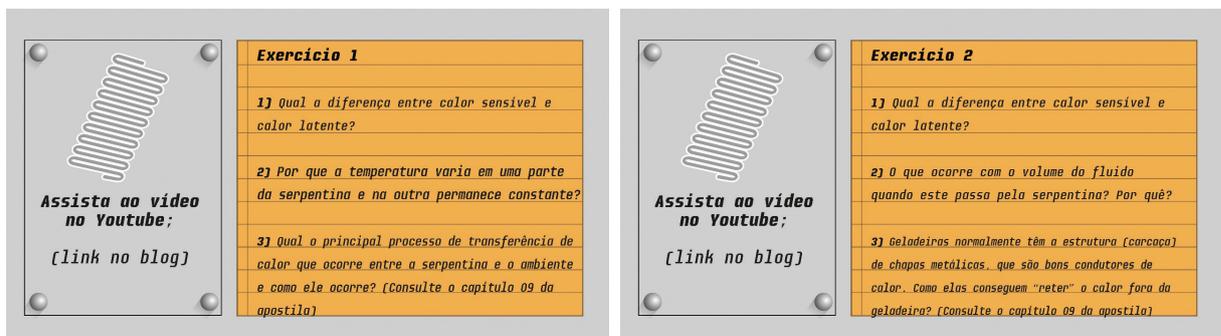
1. <https://youtu.be/128PPcb47sA>

2. <https://youtu.be/MdIEwK1PqLk>



<https://youtu.be/6tOn4P64XFM>

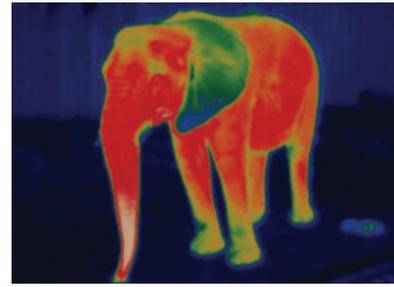
2. Serpentina



1. https://youtu.be/HjauW1_s6w8

2. <https://youtu.be/nRXI7D98Xuk>

| WEB QUEST | Perguntas |
|---|--|
| 1. Observe a termografia do calor irradiado por um elefante; | 1) Por que os elefantes africanos possuem orelhas grandes enquanto os asiáticos não? Explique. |
| 2. Assista aos videos no Youtube ; | 2) Que paralelo podemos traçar entre as orelhas dos elefantes africanos e a serpentina da geladeira? |
| 3. Entregue as questões respondidas para o professor; | |



termografia de um elefante

1. <https://youtu.be/s7OM2Fc0iN4>

2. <https://youtu.be/wolE688CAPg>

3. Congelador

| EXPERIÊNCIA | Exercício 1 |
|--|--|
| Assista ao video no Youtube ; [link no blog] | 1) Explique por que a chama da vela permanece acesa quando colocamos a divisória na boca da garrafa pet e se apaga quando a retiramos. |
| | 2) Qual a função da válvula descompressora? |
| | 3) O que é necessário para que um fluido possa mudar do estado líquido para o gasoso? |

| EXPERIÊNCIA | Exercício 2 |
|--|---|
| Assista ao video no Youtube ; [link no blog] | 1) Por que existe um fluxo de ar mais quente saindo de um dos lados da divisória do que do outro? Explique o que ocorre quando retiramos a divisória. |
| | 2) Qual a função da válvula descompressora? |
| | 3) O que é necessário para que um fluido possa mudar do estado líquido para o gasoso? |

1. <https://youtu.be/JuxZTgWEKfs>

2. <https://youtu.be/KcMMUaXWQ2g>

3. <https://youtu.be/vhTrMeqJ5ro>

| WEB QUEST | Perguntas |
|---|--|
| 1. Pesquise no Google "Calorimetria: o estudo dos fenômenos de transferência de calor"; | 1) Quais as três formas de transferência de calor? |
| 2. Acesse o primeiro link; | 2) Descreva suas principais características. |
| 3. Entregue a pesquisa para o professor; | |