



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM FÍSICA

BRUNO AIRES DE MACÊDO

**O ENSINO DE FÍSICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA
PASSARELA METÁLICA**

CAMPINA GRANDE
2025

BRUNO AIRES DE MACÊDO

**O ENSINO DE FÍSICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA
PASSARELA METÁLICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Doutor Maxwell Aragão Marques Nogueira

**CAMPINA GRANDE
2025**

Catálogo na fonte:

Ficha catalográfica elaborada por Gustavo César Nogueira da Costa - CRB 15/479

M141e Macêdo, Bruno Aires de.

O ensino de Física na construção civil: estudo de caso de uma passarela metálica / Bruno Aires de Macêdo. - Campina Grande, 2025.

51f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Física.) - Instituto Federal da Paraíba, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Maxwell Aragão Marques Nogueira.

1. Física. 2. Ensino de Física. 3. Mecânica clássica. 4. Engenharia civil - Estruturas metálicas I. Nogueira, Maxwell Aragão Marques. II. Título.

CDU 373.5

BRUNO AIRES DE MACÊDO

**O ENSINO DE FÍSICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA
PASSARELA METÁLICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Doutor Maxwell Aragão Marques Nogueira (Orientador)
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

Professo Mestre Victor Moises de Araujo Medeiros
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

Professor Doutor Alex Sander Barros Queiroz
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

Dedico este trabalho à minha família, que sempre acreditou no meu potencial e apoiou cada passo da minha jornada acadêmica. Sem o incentivo, carinho e força de cada um, este momento não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, saúde e determinação ao longo de toda esta trajetória.

Aos meus pais, pela base sólida, motivação contínua e por me ensinarem a importância da educação.

Ao meu orientador, Professor Maxwell Aragão Marques Nogueira, pela paciência, orientação e contribuição intelectual.

Aos professores e colegas do Curso de Licenciatura em Física do IFPB.

A todos que contribuíram de alguma forma: muito obrigado.

“A engenharia é a arte de modelar materiais que não entendemos completamente, em formas que não conseguimos analisar precisamente, para resistirem a forças que não podemos avaliar corretamente, de forma que o público em geral não tenha razão para duvidar da nossa ignorância.”

— Dr. A. R. Dykes

RESUMO

Este trabalho investiga a aplicação dos conceitos de Física na análise da passarela metálica que conecta o SENAI Stenio Lopes ao Clube do Trabalhador em Campina Grande, Paraíba. A pesquisa destaca a importância da Física como base para a Engenharia Civil, essencial para a compreensão dos fenômenos que regem o comportamento das estruturas. No entanto, nota-se que, no contexto escolar, a Física é frequentemente ensinada de forma abstrata, dificultando a aprendizagem significativa dos estudantes. A metodologia adotada foi um estudo exploratório baseado em análises documentais do projeto estrutural da passarela, focando em conceitos fundamentais da Física como equilíbrio, esforços internos e dilatação térmica. A análise da estrutura real da passarela permite evidenciar a interligação entre teoria e prática, oferecendo um recurso pedagógico para o Ensino de Física, em consonância com as diretrizes da BNCC. Os resultados indicam que a passarela metálica não apenas serve como um objeto de estudo para a Engenharia, mas também como uma ferramenta educativa que contextualiza e potencializa a compreensão dos conteúdos físicos, facilitando a articulação entre os conhecimentos prévios dos alunos e os princípios científicos.

Palavras-Chave: Ensino de Física; Engenharia Civil; Passarela Metálica; Aprendizagem Significativa; BNCC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Estrutura metálica da passarela que liga o SENAI ao Clube do Trabalhador.....	23
Figura 2 –	Vista panorâmica da passarela no momento do içamento do guindaste durante a sua construção.....	29
Figura 3 –	Planta baixa da passarela, com indicação dos eixos estruturais e extensão dos vãos, prancha 0121-APV-007-R02.....	30
Figura 4 –	Corte estrutural transversal mostrando níveis, alturas e conexões metálicas, prancha 0121-APV-006-R02.....	31
Figura 5 –	Vista transversal da passarela metálica com destaque para níveis, conexões e estrutura em perfis metálicos na cor azul	32
Figura 6 –	Plano de bases indicando a posição dos apoios e os chumbadores da passarela, prancha 0121-APV-003-R02.....	33
Figura 7 -	Detalhe de viga W 530 × 92 retirado da prancha 0121-APV-004-R02.....	35
Figura 8 –	Detalhe de Carga da viga W 530 × 92 retirado da prancha 0121-APV-004-R02.....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Síntese das etapas da análise física e didática da passarela metálica.....	27
Quadro 2 –	Dados iniciais para análise física da viga metálica.....	34
Quadro 3 –	Conversão das cargas superficiais.....	36
Quadro 4 –	Transformação das cargas superficiais em carga linear.....	36
Quadro 5 –	Esforços internos máximos na viga.....	37
Quadro 6 –	Tensões mecânicas calculadas.....	38
Quadro 7 –	Efeitos térmicos na viga.....	38
Quadro 8 –	Tensão combinada mecânica térmica.....	39
Quadro 9 –	Possibilidades didáticas derivadas da análise da passarela metálica.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
SIABI	Sistema Integrado de Automação de Bibliotecas.
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
NBR	Normas Brasileiras
FIEPB	Federação das Indústrias da Paraíba

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	Fundamentos de física aplicados à engenharia.....	15
2.2	Sistemas estruturais e propriedades dos materiais	18
2.3	Ensino de física, Contextualização e fundamentos da aprendizagem significativa.....	20
3	METODOLOGIA	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1	Caracterização da passarela e do projeto estrutural.....	29
4.2	Análise física da estrutura.....	34
4.3	Implicações para o ensino de física.....	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A Física constitui o alicerce conceitual de grande parte das Ciências Exatas e da Engenharia, oferecendo os fundamentos necessários para a compreensão dos fenômenos naturais e das interações que estruturam o mundo material. Conforme apresentam Halliday, Resnick e Walker (2023), os conceitos oriundos da Física fornecem princípios essenciais que regem o comportamento dos corpos, permitindo analisar desde movimentos simples até a estabilidade de sistemas complexos. Na Engenharia Civil, esses princípios tornam-se indispensáveis, por exemplo, para o dimensionamento, a avaliação e a segurança das estruturas, uma vez que forças, tensões, deformações e deslocamentos são manifestações diretas das leis físicas aplicadas ao ambiente construído (Hibbeler, 2010). Entretanto, a literatura mostra que, apesar dessa profunda interdependência entre os campos, no contexto escolar, a Física ainda é frequentemente abordada de forma abstrata, desconectada da realidade dos estudantes, o que dificulta a aprendizagem.

A distância entre teoria e prática tem sido apontada por diversos autores da área do Ensino de Física tais como Silva, Silva e Albuquerque (2023), Jesus (2023), Força e Pinheiro (2016). Silva e Schirlo (2014, pg. 1) ressaltam a importância de uma aprendizagem significativa, proposta inicialmente por Ausubel (1973), frente “à formação dos estudantes perante os desafios impostos pela atual sociedade”. Versando por essa perspectiva, pode-se inferir a importância da capacidade do estudante de relacionar novos conteúdos a conhecimentos previamente adquiridos em seu cotidiano. Brockington e Pietrocola (2005) comentam que a Física seja compreendida como uma ciência viva e aplicada, o que faz refletir que é necessário situá-la em contextos reais, capazes de revelar suas finalidades sociais, metodológicas e até tecnológicas. Dessa forma, torna-se imperativo cada vez mais integrar o estudo da Física a situações cotidianas ou a problemas reais do campo da Engenharia, o qual representa uma estratégia pedagógica eficiente para promover a compreensão conceitual e o engajamento dos alunos.

Nesse cenário, destaca-se a passarela metálica localizada na Avenida Pedro II, Campina Grande, Paraíba, projetada para interligar o SENAI Stenio Lopes ao Clube do Trabalhador Aprígio Veloso da Silveira, formando um conjunto integrado composto por espaço escolar, área técnica e ambiente esportivo. A passarela metálica foi concebida com o objetivo de promover circulação segura e acessível entre os

setores institucionais, articulando formação técnica, atividades pedagógicas e práticas corporais em um mesmo complexo educacional.

Esse contexto interdisciplinar contribui para transformar a passarela em um objeto de estudo privilegiado, pois além de ser uma obra real, localizada no perímetro urbano e acessível à comunidade, apresenta características estruturais que podem ser analisadas a partir de conceitos fundamentais da Física. A partir do projeto estrutural complementar da obra feito pela empresa Marcelo Ribeiro Projetos Estruturais em 2023 sob encomenda da Federação das Indústrias da Paraíba (FIEPB) — especialmente sua prancha de visualização tridimensional, suas cargas de projeto e as notas técnicas associadas — é possível identificar diversos elementos da Física presentes na estrutura metálica da passarela. O documento técnico reúne informações sobre cargas permanentes, cargas acidentais, carga de vento, especificações de proteção anticorrosiva e características geométricas do pórtico metálico que constitui o corpo principal da passarela. Tais elementos permitem uma análise física preliminar clara e didaticamente produtiva, envolvendo conceitos como força, peso, equilíbrio estático, somatório de forças, momentos fletores e tensões.

Partindo desse material, este trabalho se orienta pela seguinte questão norteadora: de que maneira os conceitos de Física se manifestam nessa estrutura e como essa análise pode contribuir para o Ensino de Física, especialmente no contexto de uma licenciatura? O problema central desta pesquisa é compreender como a análise física da passarela pode revelar elementos teóricos importantes e, ao mesmo tempo, oferecer potencial pedagógico para o Ensino de Física na educação básica, sobretudo nos conteúdos relacionados ao Ensino Médio. Diante da problemática, levanta-se a hipótese de que a passarela apresenta comportamento estrutural compatível com os princípios físicos previstos pela Mecânica Clássica, permitindo analisar a distribuição de cargas, momentos fletores e efeitos térmicos de forma didática e aplicável ao ensino de Física.

A relevância desta pesquisa se fundamenta no fato de que, apesar de os conceitos fundamentais da Física estarem diretamente presentes na construção civil, muitos estudantes têm dificuldade em perceber como esses princípios se aplicam a estruturas reais. A análise de uma estrutura existente — a passarela metálica que conecta o SENAI ao Clube do Trabalhador — permite aproximar teoria e prática, tornando o aprendizado mais tangível e aplicado à prática. Além disso, o estudo contribui tanto para a formação docente quanto para a compreensão integrada entre Físi-

ca e Engenharia, alinhada à BNCC (Brasil, 2018) e às propostas de contextualização no Ensino de Física, não esquecendo de considerar o Novo Ensino Médio (Brasil, 2018). Tipler e Mosca (2009) e Hibbeler (2010) destacam que a compreensão de forças internas, tensões e momentos são consequências diretas da Física clássica e fundamentais para a análise estrutural.

Diante dessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo geral analisar os principais conceitos da Física presentes na passarela metálica que liga o SENAI ao Clube do Trabalhador, evidenciando sua aplicação prática e suas potencialidades didáticas para o Ensino de Física. Para atingir esse propósito, estabeleceu-se os seguintes objetivos específicos: identificar os elementos estruturais que compõem a passarela; analisar a força peso e a distribuição das cargas na estrutura; avaliar os esforços internos (tração, compressão, cisalhamento e momento fletor); relacionar a análise realizada com possibilidades de uso pedagógico no Ensino de Física.

Metodologicamente, esta pesquisa caracteriza-se como um estudo exploratório com abordagem qualitativa e analítica. Serão utilizados documentos técnicos (análise do projeto estrutural complementar), revisão bibliográfica, aplicação de conceitos físicos (cálculos simplificados e análise conceitual dos esforços e fenômenos físicos atuantes), e discussão pedagógica (relação entre a análise física e a contextualização da Física no Ensino Médio, conforme BNCC (Brasil, 2018)). A análise enfatiza a geometria estrutural, os tipos de carga considerados e os conceitos físicos que governam o comportamento da estrutura, sem realizar dimensionamento completo.

Por fim, esta pesquisa está organizada da seguinte forma: Introdução, contendo contextualização, problematização, justificativa e objetivos. O Capítulo 2 desenvolve a fundamentação teórica, abordando os conceitos físicos relevantes, aspectos básicos de análise estrutural e discussões sobre o ensino de Física em contextos reais. O Capítulo 3 descreve a metodologia adotada e os procedimentos de análise do projeto estrutural. O Capítulo 4 reúne os resultados e discussões, com a análise da passarela e da aplicação dos conceitos físicos identificados. As considerações finais, destacam as contribuições do estudo para o ensino de Física e apresenta perspectivas de continuidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fundamentos de Física aplicados à Engenharia

A Física constitui a base conceitual necessária para a compreensão dos fenômenos que regem o comportamento dos corpos e dos materiais, sendo essencial para todas as áreas da Engenharia. Halliday, Resnick e Walker (2023) destacam que os princípios da Mecânica Clássica permitem delinear forças, movimentos e equilíbrios, tornando possível prever e interpretar o comportamento de sistemas estruturais. Na Engenharia Civil, estes princípios assumem papel central, pois orientam por exemplo a análise de vigas, pilares, lajes e demais elementos que resistem às ações externas (Hibbeler, 2010).

Um dos princípios fundamentais é o equilíbrio dos corpos rígidos, conforme apresentado por Tipler e Mosca (2009), que afirmam que uma estrutura permanece estável quando a resultante de todas as forças e momentos que atuam sobre ela é nula. Assim, as condições de equilíbrio podem ser escritas como:

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (1)$$

onde:

- Σ Indica o somatório das forças aplicadas;
- $\vec{F}$ representa cada força atuante no corpo;
- 0 expressa que a soma vetorial das forças é nula quando o corpo está em equilíbrio translacional.

E para o equilíbrio rotacional:

$$\sum M = 0 \quad (2)$$

onde:

- Σ representa o somatório dos momentos;

- M é o momento de força (torque) em relação a um eixo;
- 0 indica que não há rotação resultante.

A partir dessas condições, é possível entender como vigas, pilares e pórticos permanecem estáveis mesmo quando submetidos a cargas diversas. Nesse contexto, os esforços internos assumem grande importância na Engenharia Civil. De acordo com Hibbeler (2010), esses esforços — tração, compressão, cisalhamento e momento fletor — resultam da aplicação de forças externas sobre os elementos estruturais, e sua análise é fundamental para determinar a estabilidade e a segurança da estrutura. A tensão normal, associada a esforços axiais, pode ser expressa por:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

onde:

- σ é a tensão normal;
- F é a força normal aplicada perpendicularmente à área;
- A é a área da seção transversal do elemento.

Da mesma forma, a tensão de cisalhamento é dada por:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (4)$$

onde:

- τ é a tensão de cisalhamento;
- F é a força tangencial;
- A é a área sobre a qual essa força atua.

Essas relações permitem analisar se o material suporta adequadamente as forças internas produzidas pela ação de cargas permanentes, acidentais ou ambientais. Outro conceito essencial para o estudo das estruturas está relacionado ao comportamento elástico dos materiais.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (5)$$

onde:

- σ é a tensão aplicada;
- E é o módulo de elasticidade (módulo de Young), que indica a rigidez do material;
- ε é a deformação específica, definida como a razão entre o alongamento e o comprimento inicial.

Esta relação explica como elementos metálicos, como as vigas e perfis presentes na passarela analisada, deformam-se sob cargas, retornando ao formato original quando as forças são removidas — desde que o limite elástico não seja ultrapassado.

Além do comportamento mecânico, estruturas metálicas também estão sujeitas a variações térmicas, especialmente aquelas expostas ao ambiente. Assim, a dilatação térmica pode ser descrita pela expressão:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T \quad \Delta L = T \Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T \quad (6)$$

onde:

- ΔL é a variação de comprimento;
- α é o coeficiente de dilatação térmica do material;
- L_0 é o comprimento inicial;
- ΔT é a variação de temperatura.

Esse fenômeno é particularmente relevante em passarelas metálicas, já que estas podem sofrer variações de vários centímetros ao longo do dia devido ao aquecimento solar. Portanto, os princípios fundamentais da Física — equilíbrio, esforços

internos, tensões, deformações e dilatação térmica — constituem o arcabouço necessário para a análise e interpretação das estruturas utilizadas na Engenharia Civil. A integração desses conceitos, amplamente desenvolvidos por Halliday, Resnick e Walker (2023), Tipler e Mosca (2009), Young e Freedman (2008), Hibbeler (2010) e Meriam e Kraige (2011), nos permite compreender de que forma as forças e os fenômenos atuam sobre construções reais, como a passarela metálica estudada neste trabalho.

- **2.2 Sistemas estruturais e propriedades dos materiais**

Os sistemas estruturais constituem o conjunto organizado de elementos responsáveis por resistir às ações aplicadas a uma edificação, garantindo estabilidade, rigidez e segurança ao conjunto da obra. Segundo Hibbeler (2010), esses sistemas são formados por componentes como vigas, pilares, lajes, treliças e pórticos, cada qual desempenhando funções mecânicas específicas que determinam a maneira como os esforços são distribuídos e transmitidos aos apoios.

As vigas, por exemplo, são elementos predominantemente solicitados à flexão, enquanto os pilares resistem a esforços de compressão associados às cargas verticais. Os pórticos — sistemas compostos por vigas e pilares ligados rigidamente — são essenciais em estruturas metálicas como passarelas, pois têm a capacidade de resistir simultaneamente a ações horizontais (como vento) e verticais (como peso próprio e pedestres), conferindo maior estabilidade global (Meriam; Kraige, 2011). A laje metálica, por sua vez, atua como elemento de distribuição de cargas e como plataforma de circulação.

A compreensão do comportamento desses elementos depende diretamente das propriedades mecânicas dos materiais empregados. De acordo com Young e Freedman (2008), propriedades como densidade, módulo de elasticidade, resistência à tração, limite de escoamento e coeficiente de dilatação térmica determinam como o material reage a carregamentos e variações ambientais. No caso das estruturas metálicas, o aço se destaca por sua elevada resistência, ductilidade e comportamento elástico bem definido, características essenciais para o desempenho seguro em passarelas.

Um dos principais parâmetros para a análise estrutural é o módulo de elasticidade (E), que rege a relação linear entre tensão e deformação conforme a Lei de Hooke (Halliday, Resnick e Walker (2023), expressa por:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (7)$$

onde:

- σ é a tensão normal (força por unidade de área expressa em Pa ou MPa);
-
- E é o módulo de elasticidade do material, que indica sua rigidez (em Pa ou GPa);
- ε é a deformação específica (variação relativa de comprimento, adimensional).

Essa relação indica que, enquanto o material permanece em regime elástico, sua deformação é proporcional à tensão aplicada — um comportamento fundamental para prever o desempenho de vigas, pilares e perfis metálicos presentes em passarelas. Outro conceito essencial é a tensão normal, que aparece quando um elemento é tracionado ou comprimido:

$$\sigma = \frac{F_N}{A} \quad (8)$$

em que:

- F_N é a força normal aplicada ao elemento;
- A é a área da seção transversal do material.

Já a tensão de cisalhamento, relevante para ligações, parafusos, soldas e regiões próximas aos apoios, é dada por:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (9)$$

tendo:

- T como tensão de cisalhamento;
- F como força tangencial;
- A como área de cisalhamento.

Além das tensões, a geometria dos elementos estruturais influencia significativamente o comportamento da estrutura. Meriam e Kraige (2011) explicam que condições de apoio — como articulação, engaste ou apoio simples — determinam como as cargas são distribuídas e como as peças se deformam. Sistemas engastados tendem a desenvolver maiores momentos fletores; sistemas articulados concentram esforços axiais; estruturas contínuas distribuem melhor as ações ao longo dos vãos.

No campo da Física aplicada à Engenharia, Tipler e Mosca (2009) e Halliday, Resnick e Walker (2023) reforçam que a interpretação de sistemas estruturais depende da Mecânica clássica, especialmente dos princípios de equilíbrio estático, que exigem que:

- a soma de todas as forças atuantes deve ser nula para evitar movimentação;
- a soma dos momentos deve ser nula para evitar rotação.

Essas condições são fundamentais para interpretar a passarela metálica analisada neste estudo, especialmente na compreensão da distribuição da força peso, dos esforços internos e do comportamento global do pórtico.

Dessa forma, o estudo dos sistemas estruturais e das propriedades dos materiais são uma base indispensável tanto para a Engenharia Civil quanto para a análise física de estruturas reais. No contexto deste trabalho, esses fundamentos permitem compreender como os esforços, tensões e deformações se manifestam na passarela metálica que conecta o SENAI ao Clube do Trabalhador, servindo não apenas

para a análise técnica, mas também para a contextualização didática desses conceitos no ensino de Física.

- 2.3 Ensino de Física, contextualização e fundamentos da aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1973; 2000) constitui fundamento central para compreender como estudantes integram novos conceitos quando estes se relacionam de forma substantiva com conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva. Desse modo, a análise de uma passarela metálica, ao mobilizar fenômenos como força, peso, equilíbrio e tensões internas, configura-se como um organizador prévio capaz de ancorar conteúdos abstratos da Mecânica Clássica — relacionados a componentes estruturais como vigas, pilares, lajes, treliças e pórticos (Hibbeler, 2010) — em situações concretas, reforçando o princípio ausubeliano da não arbitrariedade. Moreira (2011), ao aprofundar e atualizar essa teoria, destaca que o caráter significativo depende tanto da presença de conhecimentos prévios relevantes quanto da apresentação de materiais potencialmente significativos, que permitam ao aluno realizar conexões não arbitrarias e substantivas. Nesse sentido, pode-se inferir que a utilização de estruturas reais — como pontes, passarelas, edificações e sistemas tecnológicos — constitui uma estratégia pedagógica consistente com os princípios da teoria ausubeliana. Tais objetos funcionam como organizadores prévios (Moreira, 2011), pois podem servir de ponto de partida concreto para ativar concepções intuitivas sobre força, peso, equilíbrio, resistência dos materiais e tensões, permitindo que esses conhecimentos sejam progressivamente diferenciados e reconciliados com os conceitos científicos formais (Hibbeler, 2010). Analisando-se por essa perspectiva, pode-se considerar que essa abordagem fundamenta diretamente a etapa metodológica de interpretação didática apresentada nesta pesquisa, em que a análise da passarela é transformada em recurso pedagógico.

Pietrocola (2005) relata que a linguagem científica — o que, a nosso grifo, pode estar associado a conceitos científicos formais — distancia os estudantes e limita a procura pelo aprendizado, reforçando a falsa ideia de que as verdades científicas existem prontas na natureza, cabendo ao cientista apenas “descobri-las”. Para o autor, é essencial compreender a ciência como atividade humana, marcada por

interpretações, escolhas e limitações, cujas ideias são provisórias e sujeitas à revisão. Freire (1996), ao destacar a importância da leitura crítica da realidade, reforça que processos educativos mais significativos emergem quando o conhecimento científico é articulado com a experiência concreta dos sujeitos. No contexto desta pesquisa, a passarela metálica cumpre esse papel ao constituir um objeto presente no cotidiano dos estudantes e simultaneamente carregado de significados físicos.

Além disso, a distância historicamente observada entre teoria e prática no Ensino de Física tem sido amplamente discutida por pesquisadores da área, como Silva, Silva e Albuquerque (2023), Jesus (2023) e Força e Pinheiro (2016), que apontam que a excessiva abstração dos conteúdos dificulta a aprendizagem e afasta o estudante da compreensão do mundo físico que o cerca. Silva e Schirlo (2014, p. 1) reforçam a relevância da aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1973) ao destacarem que o estudante necessita relacionar conceitos aprendidos a conhecimentos cotidianos para construir significados duradouros. Nessa mesma direção, Brockington e Pietrocola (2005) defendem que a Física deve ser compreendida como ciência viva e aplicada, articulada às dimensões sociais, metodológicas e tecnológicas da realidade. Assim, integrar o estudo da Física a situações concretas — como a análise de estruturas reais, incluindo a passarela metálica investigada neste trabalho — torna-se uma estratégia pedagógica consistente e necessária, capaz de favorecer tanto o engajamento discente quanto a compreensão conceitual profunda, especialmente quando tais situações permitem evidenciar a presença dos fenômenos físicos no cotidiano e nas práticas da Engenharia.

Ao se analisar a BNCC (2018), é possível observar que o documento estabelece que o Ensino de Física no Ensino Médio deve habilitar os estudantes a analisar fenômenos naturais e sistemas tecnológicos, interpretando forças, equilíbrio, energia e transformações físicas em contextos reais e socialmente relevantes, além de enfatizar a formação por competências e a contextualização curricular. De modo complementar, estudos sobre metodologias investigativas e ensino por investigação reforçam a necessidade de aproximar a Física escolar de situações concretas e tecnológicas — práticas que favorecem a construção de significados, o desenvolvimento de procedimentos investigativos e a capacidade de modelagem científica (Sabino e Pietrocola, 2016). Esses mesmos autores apontam a importância de uma implementação de “sequências didáticas inovadoras no Ensino Médio...[...] mostrando que o

desenvolvimento dos saberes curricular e experiencial é crucial para que a inovação ocorra” (Sabino e Pietrocola, 2016, p. 1).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho fundamenta-se em uma abordagem qualitativa, descritiva e documental, conforme orientam Lakatos e Marconi (1991), articulando conhecimentos da Física, Engenharia Civil e Ensino de Física. Essa abordagem é adequada à natureza do estudo, cujo propósito é compreender como os conceitos fundamentais da Física se manifestam no funcionamento de uma estrutura metálica real — a passarela que conecta o SENAI Stenio Lopes ao Clube do Trabalhador Aprígio Veloso da Silveira, localizada na Avenida Pedro II, em Campina Grande, Paraíba (Figura 1). Trata-se de uma investigação baseada em documentação técnica já existente, composta por pranchas (Mário Ribeiro Projetos estruturais, 2023b, 2023e, 2023f), sem intervenção experimental, o que caracteriza a pesquisa como documental (Lakatos e Marconi (1991).

Figura 1 - Estrutura metálica da passarela que liga o SENAI Stenio Lopes ao Clube do Trabalhador Aprígio Veloso da Silveira



Fonte: Os autores (2023).

A principal fonte de dados utilizada é o projeto estrutural complementar¹ da passarela metálica, disponibilizado na forma de prancha digital contendo visualização tridimensional, identificação dos elementos estruturais, orientação espacial da estrutura, notas técnicas e informações relacionadas ao sistema estrutural (FIEPB, 2023) feito com o *software* de estrutura ROBOT (Autodesk Robot Structural Analysis Professional) de autodesk (2022), seguindo as normas e recomendações da NBR 8800/2008 (Associação brasileira de normas técnicas, 2008) e a NBR 6118/2014 (Associação brasileira de normas técnicas, 2014). O documento permite a identificação das vigas principais e secundárias, dos pilares, das lajes metálicas e dos apoios, possibilitando a leitura geométrica da estrutura e a compreensão dos princípios físicos que nela se aplicam. Todos os conceitos são princípios essenciais que regem o comportamento dos corpos e podem ser vistos em Halliday, Resnick e Walker (2023).

A partir da interpretação do projeto estrutural complementar, foi realizado um processo de modelagem conceitual destinado a representar o pórtico estrutural de forma simplificada, com o objetivo de visualizar a distribuição dos esforços internos e as relações entre cargas, apoios e elementos resistentes (Halliday, Resnick e Walker, 2023). Essa modelagem não tem caráter de dimensionamento profissional, mas serve para identificar qualitativamente as forças dominantes na estrutura, como o peso próprio, as cargas decorrentes do fluxo de pedestres e as reações nos apoios. Para isso, são aplicadas as condições de equilíbrio estabelecidas pela mecânica clássica, segundo as quais a soma das forças e dos momentos deve ser nula para que a estrutura permaneça estável (Halliday, Resnick e Walker, 2023).

Após a identificação da geometria e dos elementos estruturais, procedeu-se à análise física. Essa etapa consiste em interpretar como conceitos fundamentais vistos em Halliday, Resnick e Walker (2023) — força, peso, equilíbrio, esforços internos, momento fletor, tensão normal, cisalhamento — se materializam na passarela metálica. Considera-se que a análise realizada nessa pesquisa permite relacionar diretamente os fenômenos observados no projeto estrutural complementar às leis e

¹ Entende-se nessa pesquisa que projeto estrutural complementar está relacionado ao projeto principal denominado arquitetônico. Em outras palavras, nesse caso em específico o projeto estrutural complementar foi concebido para a materialização da passarela com estrutura metálica.

modelos da Física descritos em literaturas como a de Halliday, Resnick e Walker (2023).

Além da análise realizada na estrutura da passarela, desenvolveu-se uma etapa de interpretação especificamente direcionada ao Ensino de Física. Essa etapa baseou-se em princípios da aprendizagem significativa de Ausubel (2000), que defendem os novos conhecimentos só são completamente compreendidos quando o estudante consegue relacioná-los a conceitos aos quais ele já domina. Também foram consideradas as contribuições de Moreira (2012), que reforça a importância de conectar fenômenos concretos a ideias abstratas da Física, tornando o conteúdo mais acessível e relevante.

Com esse enfoque, buscou-se estabelecer uma relação direta entre os fenômenos físicos identificados na passarela metálica — tais como ação das forças, comportamento do peso próprio, condições de equilíbrio, distribuição de tensões internas e surgimento de momentos fletores — e situações de ensino que podem ser trabalhadas no Ensino Médio. Com base na literatura exposta no capítulo 2 esses conceitos funcionam como organizadores prévios, ou seja, elementos que ajudam o estudante a ativar seus conhecimentos anteriores, permitindo compreender, com maior profundidade, conteúdos abstratos da Mecânica Clássica.

Na sequência, foram identificadas as competências e habilidades da BNCC, (Brasil, 2018) que se relacionam com os conceitos estudados. Entre elas, destacam-se as habilidades como EM13CNT103, EM13CNT102, EM13CNT106, EM13CNT201, EM13CNT205 e EM13CNT301 relacionadas às competências 1, 2 e 3. Cada uma dessas habilidades aponta para capacidades que podem ser desenvolvidas nos estudantes ao analisar uma estrutura real, como a passarela metálica.

Para organizar o percurso metodológico no que diz respeito ao Ensino de Física, elaborou-se o Quadro 1, que sintetiza as seis etapas da investigação, relacionando as ações realizadas, os fenômenos físicos identificados, as possibilidades didáticas associadas e as habilidades da BNCC correspondentes. Esse quadro funciona como um mapa metodológico que torna explícita a articulação entre a análise estrutural da passarela e a formação docente em Física, assegurando a sistematização do processo investigativo.

De modo integrado, a metodologia contempla três dimensões complementares: (a) a análise documental da obra, baseada na leitura técnica do projeto estrutural complementar; (b) a análise física fundamentada nos princípios da Mecânica

clássica, utilizada para interpretar qualitativamente os fenômenos atuantes na estrutura; e (c) a interpretação didática orientada pela BNCC e pela aprendizagem significativa, voltada a identificar o potencial da passarela como recurso pedagógico. A convergência dessas dimensões permite compreender a passarela metálica tanto como um objeto físico real, regido pelas leis fundamentais da Física, quanto como uma ferramenta educativa capaz de contextualizar conteúdos curriculares e contribuir para a formação conceitual e crítica dos estudantes no Ensino de Física.

Quadro 1 - Síntese das etapas da análise física e didática da passarela metálica

Etapas da análise	Descrição do procedimento	Conceitos Físicos Identificados na Estrutura	Tradução Didática (Como o aluno trabalha o conceito)	Habilidades da BNCC Relacionadas
1. Identificação estrutural	Leitura das plantas, cortes e vistas tridimensionais do projeto estrutural complementar	Vigas, pilares, laje metálica, apoios, perfis estruturais	Relacionar elementos reais a conteúdos de Física já estudados	EM13CNT103; EM13CNT205
2. Modelagem conceitual simplificada	Representação qualitativa da geometria e da distribuição das cargas	Força peso, cargas distribuídas, cargas acidentais, reações nos apoios	Construção de diagramas de força e esquemas simplificados	EM13CNT102 EM13CNT201 EM13CNT301
3. Interpretação física dos esforços internos	Análise da resposta estrutural às cargas	Tração, compressão, cisalhamento, momento fletor, tensão, deformação	Discussão de como elementos estruturais reagem às cargas do cotidiano	EM13CNT103; EM13CNT301 EM13CNT201
4. Tradução didática (aprendizagem significativa)	Relacionamento entre fenômenos físicos e ensino de Física	Força, equilíbrio, elasticidade, comportamento térmico	Utilização da passarela como exemplo concreto no estudo da Mecânica	EM13CNT106; EM13CNT205
5. Relação com a BNCC	Identificação das habilidades pertinentes ao ensino	Interpretação de diagramas, uso de modelos, análise de sistemas tecnológicos	Planejamento de atividades contextualizadas e significativas	EM13CNT103; EM13CNT205; EM13CNT301

		– Aplicação da Física em sistemas tecnológicos		
6. Sistematização pedagógica	Integração entre análise física e finalidades educacionais	Física aplicada, estabilidade, comportamento estrutural	Emprego da estrutura como recurso didático no Ensino Médio	EM13CNT103; EM13CNT301

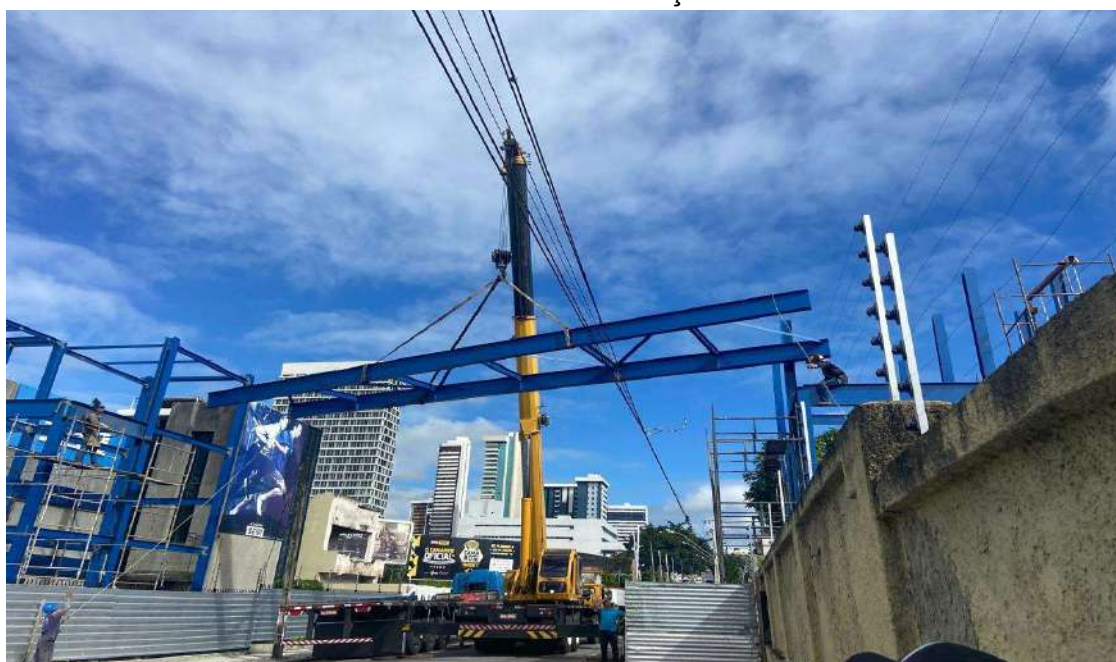
Fonte: Elaboração própria com base em Brasil (2018), Ausubel (2012) e Moreira (2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização da passarela e do projeto estrutural

Considerando primeiramente o modo como foi idealizado a passarela metálica, pode-se destacar inicialmente o atendimento da sua necessidade básica, que foi conectar o SENAI Stenio Lopes ao Clube do Trabalhador Aprígio Veloso da Silveira, localizado na Avenida Pedro II, em Campina Grande, Paraíba. Para atender a uma demanda educacional e de viabilidade da Federação das Indústrias da Paraíba (FIEPB). A Figura 2 mostra a vista panorâmica do local de estudo no momento de construção da passarela, onde é possível observar um guindaste içando a estrutura metálica.

Figura 2 - Vista panorâmica da passarela no momento do içamento do guindaste durante a sua construção



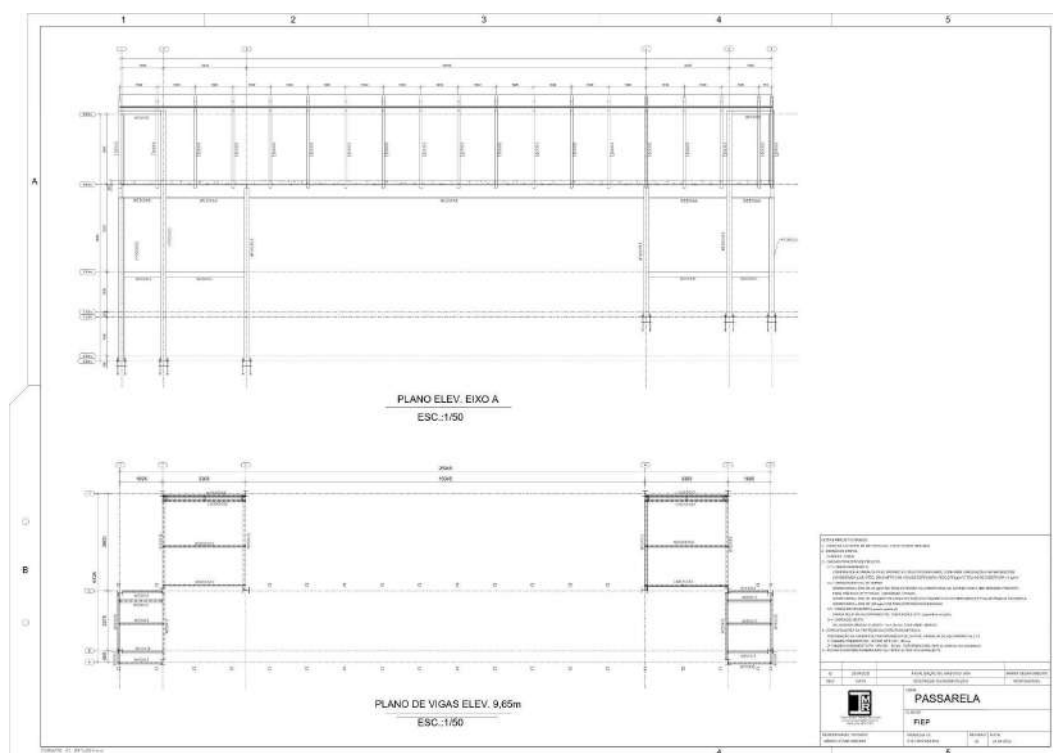
Fonte: Os autores (2023).

De maneira geral, considerando o projeto estrutural complementar da passarela metálica, infere-se que ela é composta predominantemente por perfis metálicos laminados, tais como vigas e pilares dos tipos W, U e HP, além de elementos de travamento transversal e longitudinal seguindo os padrões da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008). O metal é amplamente utilizado em passarelas por possuir elevada resistência, ductilidade e rápida montagem, características destacadas na

análise das propriedades dos materiais estruturais (Ferreira, 2021). A laje que compõe o piso da passarela possui espessura total de 15 cm.

Para compreender a distribuição horizontal da passarela no sentido de se observar a sua dimensão, observa-se a Figura 3, que apresenta sua planta baixa, prancha 0121-APV-007-R02 (2023f). Nela é possível identificar o eixo longitudinal principal, a sequência de modulação dos vãos, os acessos laterais e a organização das vigas. A leitura planimétrica é fundamental para visualizar o comprimento da estrutura, a disposição dos apoios e o fluxo de cargas ao longo da laje. Esse tipo de representação técnica é essencial, pois permite identificar os caminhos de força e compreender a interação entre os elementos estruturais, como afirma Hibbeler (2010) considerando os pressupostos da Mecânica Clássica.

Figura 3 – Planta baixa da passarela, com indicação dos eixos estruturais e extensão dos vãos, prancha 0121-APV-007-R02



Fonte: Mário Ribeiro Projetos estruturais (2023f).

A Figura 4 apresenta um corte estrutural transversal, prancha 0121-APV-006-R02 (2023e), evidenciando os níveis principais (aproximadamente 3,35 m, 6,85 m e 9,65 m), além da inclinação das escadas, altura dos guarda-corpos, espessura das lajes e a posição relativa entre vigas e pilares. Infere-se que os cortes constituem

sarela, apoiadas sobre pilares metálicos verticais, além das vigas secundárias responsáveis pelo travamento horizontal. A escada metálica, também na cor azul, aparece rigidamente conectada ao pórtico através de chapas e soldas estruturais. O guarda-corpo metálico acompanha toda a extensão da passarela, reforçando a segurança do conjunto. A geometria visível na imagem permite identificar com clareza a disposição dos perfis, a continuidade entre piso, pilares, e a integração entre os componentes estruturais.

Figura 5 – Vista transversal da passarela metálica com destaque para níveis, conexões e estrutura em perfis metálicos na cor azul

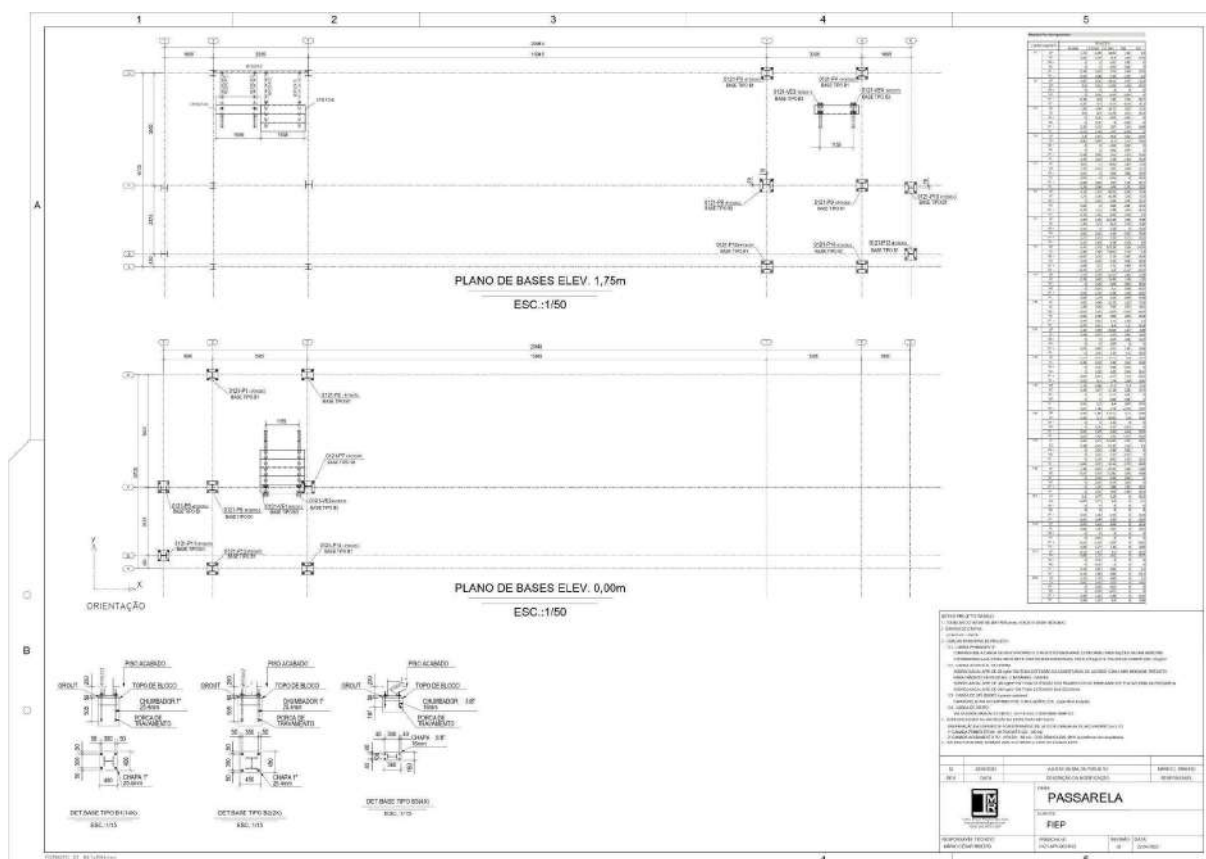


Fonte: Os autores (2023).

O sistema de apoio da passarela está indicado no Plano de Bases, ilustrado na Figura 6, prancha 0121-APV-003-R02 (2023b). Trata-se de blocos de fundação em concreto armado conforme a NBR 6118/2014 (Associação brasileira de normas técnicas, 2014), nos quais são fixadas chapas metálicas e chumbadores responsáveis pela transferência das cargas da estrutura metálica para o solo. Segundo a NBR 8800/2008 (Associação brasileira de normas técnicas, 2008), a estabilidade global de estruturas metálicas depende não apenas dos elementos superiores — vigas, pilares e travamentos — mas também das condições adequadas de base, que garantem resistência contra esforços de compressão, tração e arrancamento. A lei-

tura do plano de bases permite identificar a posição exata de cada pilar, o espaçamento entre os apoios e a geometria dos elementos de fundação.

Figura 6 – Plano de bases indicando a posição dos apoios e os chumbadores da passarela, prancha 0121-APV-003-R02



Fonte: Mário Ribeiro Projetos estruturais (2023b).

A análise integrada das visualizações tridimensionais, plantas, cortes e bases permite caracterizar a passarela como uma estrutura metálica leve e eficiente, formada por pórticos transversais, vigas longitudinais, laje e contraventamentos (Mário Ribeiro Projetos estruturais, 2023b, 2023e, 2023f). Essa organização estrutural evidencia como diferentes elementos atuam de forma conjunta para resistir ao peso próprio, às sobrecargas de pedestres e às ações ambientais. Assim, a caracterização detalhada da passarela estabelece a base necessária para a análise física desenvolvida na próxima seção, em que os conceitos fundamentais da mecânica — força peso, esforços internos, momento fletor e dilatação térmica — serão interpretados à luz dessa estrutura real (Beer e Johnston (1995) e de outros autores da Mecânica Clássica.

4.2 Análise física da estrutura metálica

A análise física da passarela metálica nos permite compreender, de forma aplicada, como os conceitos fundamentais da Mecânica Clássica se manifestam em estruturas metálicas reais. Tais conceitos — força peso, cargas atuantes, equilíbrio, esforços internos, momento fletor, tensões, deformações e dilatação térmica — são observados diretamente na estrutura estudada. Como destaca Hibbeler (2010), compreender o comportamento de sistemas estruturais envolve analisar tanto as forças externas quanto as reações internas que surgem para manter o equilíbrio.

Para dar início à análise, foram coletados os dados físicos, geométricos e mecânicos necessários ao estudo da viga metálica selecionada como segmento representativo da passarela metálica. Esses valores encontram-se sintetizados no Quadro 2.

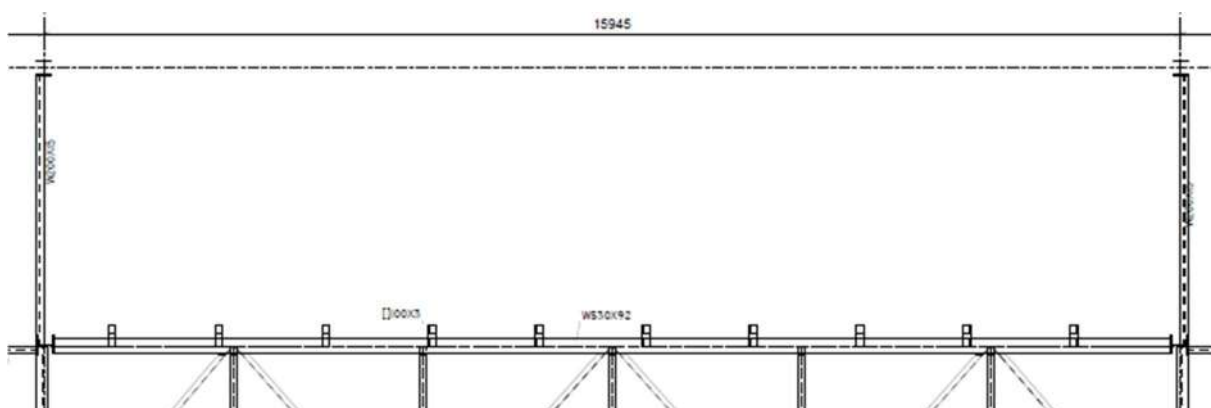
Quadro 2 – Dados iniciais para análise física da viga metálica

Parâmetro	Símbolo	Valor
Faixa de contribuição da laje	b	1,545 m
Vão da viga	L	15,945 m
Massa linear do perfil W 530 × 92	-	92 kg/m
Módulo de elasticidade do aço	E	210.000 N/mm ²
Coefficiente de dilatação térmica	α	$12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Módulo resistente da seção	S	$1,090 \times 10^6 \text{ mm}^3$
Conversão	-	1 kgf = 9,8 N

Fonte: elaboração própria com base nas pranchas estruturais (2023).

A Figura 7 apresenta o trecho da viga analisada, permitindo visualizar o comprimento considerado e a configuração estrutural do perfil metálico. A análise desse módulo evidencia como as cargas distribuídas ao longo da passarela são transferidas pelas vigas longitudinais até os apoios. Observa-se que o conjunto estrutural se mantém em equilíbrio, condição necessária para que a estrutura permaneça estável sob ação da gravidade (Meriam; Kraige, 2011).

Figura 7 – Detalhe de viga W 530 × 92 retirado da prancha 0121-APV-004-R02



Fonte: Mário Ribeiro Projetos Estruturais (2023c).

A determinação precisa das cargas que atuam sobre a viga é etapa fundamental para compreender o comportamento físico da estrutura. No caso da passarela metálica analisada, as cargas inicialmente fornecidas no projeto estrutural encontram-se distribuídas superficialmente sobre a laje, expressas em kgf/m^2 , o que representa a intensidade das ações que atuam por unidade de área. Para que fosse possível avaliar os esforços internos na viga metálica — tais como cortante e momento fletor — tornou-se necessário converter essas cargas superficiais em cargas lineares, isto é, em ações distribuídas ao longo do comprimento da viga. Essa transformação é coerente com o procedimento adotado em análises estruturais, conforme indicado por Hibbeler (2010), pois permite relacionar diretamente a carga atuante ao elemento resistente estudado.

O processo de conversão considerou, inicialmente, a transformação das cargas superficiais de kgf/m^2 para kN/m^2 , respeitando a equivalência entre unidades de força. Em seguida, aplicou-se a faixa de contribuição da laje — correspondente à largura efetiva que descarrega esforços na viga analisada — para obter a carga linear equivalente. A soma dessa carga linear com o peso próprio do perfil metálico resultou na carga total distribuída ao longo da viga. Esse procedimento, detalhado na Figura 8 e no Quadro 3, fornece parâmetros essenciais para as etapas posteriores da análise física, especialmente para o cálculo dos esforços internos e das tensões resultantes.

Figura 8 – Detalhe de Carga da viga W 530 × 92 retirado da prancha 0121-APV-004-R02



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Mário Ribeiro Projetos Estruturais (2023c).

Quadro 3 – Conversão das cargas superficiais

Tipo de carga	Valor em kgf/m ²	Conversão para kN/m ²
Peso da laje	275 kgf/m ²	2,695 kN/m²
Sobrecarga de uso	300 kgf/m ²	2,94 kN/m²
Carga total superficial	-	5,635 kN/m²

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da largura de contribuição da viga, as cargas superficiais foram transformadas em carga linear, conforme mostra o Quadro 4.

Quadro 4 – Transformação das cargas superficiais em carga linear

Etapa	Fórmula	Resultado
Carga linear da laje	$Q_{\text{linear}} = Q_{\text{real}} \times b$	$5,635 \times 1,545 = \mathbf{8,700 \text{ kN/m}}$
Peso próprio da viga	$Q_{\text{viga}} = (92 \times 9,8)/1000$	0,9016 kN/m
Carga total atuante na viga	$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{linear}} + Q_{\text{viga}}$	9,6016 kN/m

Fonte: Elaborado pelos autores.

A determinação dos esforços internos constitui uma etapa central na análise física de elementos estruturais, pois permite compreender como a viga reage às solicitações externas que sobre ela atuam. Quando um corpo extenso, como uma viga metálica, é submetido a cargas distribuídas, surgem em seu interior sistemas de forças e momentos que trabalham para manter o equilíbrio do elemento. Halliday, Resnick e Walker (2023) explicam que esses esforços internos são responsáveis por garantir que o corpo não se deforme de modo excessivo ou irreversível, desempenhando papel essencial na resistência e estabilidade estrutural.

No caso da passarela analisada, os esforços de maior relevância são o esforço cortante (V) e o momento fletor (M). O esforço cortante representa a tendência de deslizamento interno entre as seções transversais da viga, enquanto o momento fletor expressa a ação que tende a curvar o elemento. A intensidade desses esforços depende diretamente da magnitude das cargas aplicadas e do comprimento do vão, de acordo com os princípios clássicos da mecânica dos sólidos.

Após a determinação da carga linear total atuante na viga, aplicaram-se as equações fundamentais para vigas biapoiadas submetidas a carregamento distribuído, possibilitando calcular os valores máximos de cortante e momento fletor. Esses resultados são fundamentais para avaliar o comportamento da viga sob carregamento e para o cálculo das tensões internas associadas à flexão e ao cisalhamento. Os valores obtidos encontram-se sintetizados no Quadro 5, que reúne os principais resultados dessa etapa analítica e serve de base para as análises subsequentes.

Quadro 5 – Esforços internos máximos na viga

Esforço	Fórmula	Resultado
Cortante máximo	$V_{\max} = qL/2$	$\approx 76,458 \text{ kN}$
Momento fletor máximo	$M_{\max} = qL^2/8$	$\approx 305,25 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Fonte: Elaborado pelos autores.

A flexão produz tensões internas distribuídas ao longo da seção transversal. Conforme Halliday, Resnick e Walker (2023), essas tensões são essenciais para que o material ofereça resistência ao momento aplicado. Os valores de tensão obtidos são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Tensões mecânicas calculadas

Tipo de tensão	Fórmula	Resultado
Tensão de flexão	$\sigma = M/S$	≈ 280 MPa
Tensão de cisalhamento	$\tau = V/A_{alma}$	≈ 15,4 MPa

Fonte: Elaborado pelos autores.

Além dos esforços mecânicos, a viga metálica também está sujeita a efeitos térmicos decorrentes das variações de temperatura do ambiente. Tipler e Mosca (2009) destacam que o aquecimento provoca aumento na agitação das partículas constituintes do material, resultando em expansão térmica. Em elementos estruturais alongados, como vigas metálicas, essa variação dimensional pode parecer pequena em termos absolutos, mas é fisicamente relevante, especialmente quando a estrutura se encontra parcialmente ou totalmente impedida de se deformar livremente.

Nesses casos, a dilatação que não pode ocorrer transforma-se em tensões internas adicionais — chamadas tensões térmicas — que se somam às tensões provenientes dos carregamentos mecânicos. Assim, compreender a dilatação livre e a tensão induzida por restrição é fundamental para avaliar a segurança e o desempenho estrutural do sistema. O Quadro 7 apresenta a variação do comprimento da viga para uma diferença de temperatura de $\Delta T = 30^\circ\text{C}$, constituindo um passo essencial para a análise combinada entre esforços mecânicos e térmicos.

Quadro 7 – Efeitos térmicos na viga

Fenômeno	Fórmula	Resultado
Dilatação térmica livre	$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$	5,74 mm
Tensão térmica (expansão impedida)	$\sigma_{th} = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$	75,6 MPa

Fonte: Elaborado pelos autores.

A combinação entre as tensões mecânicas e térmicas constitui um procedimento fundamental na Engenharia Estrutural, uma vez que elementos submetidos simultaneamente a carregamentos externos e variações de temperatura não respondem a esses efeitos de forma isolada. Assim, a tensão total atuante deve considerar tanto a tensão de flexão decorrente das cargas aplicadas quanto a tensão térmica gerada quando a dilatação do material é parcialmente ou totalmente restringi-

da. Essa abordagem fornece uma estimativa mais fiel do comportamento real da viga, permitindo avaliar sua segurança e desempenho global. A síntese desse processo e os valores resultantes encontram-se apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Tensão combinada mecânica + térmica

Componentes	Valor
Tensão de flexão	280 MPa
Tensão térmica	75,6 MPa
Tensão combinada	≈ 355,6 MPa

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir desses resultados, observa-se que a viga analisada está submetida a tensões significativas, especialmente quando se considera a combinação entre esforços mecânicos e efeitos térmicos. O valor de aproximadamente 355,6 MPa demonstra a relevância da interação entre carregamentos estruturais e variações de temperatura, reforçando a necessidade de compreender esses fenômenos no contexto do Ensino de Física, especialmente ao tratar de conceitos como equilíbrio, esforços internos, flexão, resistência dos materiais e dilatação térmica.

4.3 Implicações para o ensino de Física

A análise estrutural da passarela metálica realizada neste trabalho permitiu identificar fenômenos centrais da Mecânica Clássica — força peso, ação das forças externas, condições de equilíbrio, distribuição de tensões internas, cisalhamento e surgimento de momentos fletores — os quais, quando interpretados à luz do Ensino de Física, revelam um amplo potencial para a contextualização pedagógica no Ensino Médio. Como discutido no capítulo 2.3, a aprendizagem significativa de Ausubel (1973; 2000) fundamenta a ideia de que novos conhecimentos só podem ser plenamente compreendidos quando se conectam, de modo não arbitrário, aos conhecimentos prévios do estudante. A passarela metálica, por ser um objeto concreto, cotidiano, visível e funcional no espaço urbano, constitui um exemplo privilegiado de

organizador prévio, na medida em que mobiliza concepções intuitivas sobre peso, sustentação, equilíbrio, deformações e resistência dos materiais que os alunos já possuem empiricamente.

A presença desses fenômenos no cotidiano reforça o papel da passarela como ponto de partida para que o estudante diferencie progressivamente suas intuições do entendimento formal da Física, conforme orientam Moreira (2011) e Hibbeler (2010). Quando o aluno observa que a passarela se mantém estável, mesmo submetida ao peso próprio e à passagem de pessoas, ele aciona espontaneamente ideias prévias sobre “força segurando”, “apoio”, “rigidez”, “estrutura que não cai”. A partir desse repertório, o professor pode conduzir o processo de reconciliação integradora, mostrando que o equilíbrio é condição de soma vetorial das forças igual a zero, que as vigas trabalham predominantemente à flexão, que as barras da treliça resistem por tração ou compressão e que os pilares distribuem esforços para a fundação. Essa articulação entre experiência concreta e formalização científica evidencia, conforme Moreira (2011), o caráter potencialmente significativo do material didático que emerge da análise da passarela.

A distância entre teoria e prática, amplamente diagnosticada na literatura do Ensino de Física, reforça a necessidade de abordagens contextualizadas. Silva, Silva e Albuquerque (2023), Jesus (2023) e Força e Pinheiro (2016) discutem que grande parte das dificuldades dos estudantes decorre da apresentação abstrata e descontextualizada dos conteúdos escolares. Silva e Schirlo (2014) enfatizam que a teoria da aprendizagem significativa deve servir como base para enfrentar os desafios contemporâneos da educação científica, sobretudo porque o estudante precisa relacionar novos conteúdos aos conhecimentos que já mobiliza no cotidiano. Nessa linha, Brockington e Pietrocola (2005) destacam que a Física deve ser compreendida como ciência viva e aplicada, o que implica situá-la em contextos reais capazes de revelar suas finalidades sociais, tecnológicas e metodológicas. A análise da passarela metálica responde diretamente a esse imperativo, pois aproxima o conhecimento físico escolar de uma tecnologia estruturante do ambiente urbano e do campo da Engenharia, tornando o conteúdo mais inteligível e relevante para o estudante.

Ao mesmo tempo, Pietrocola (2005) argumenta que a linguagem científica tradicional pode criar barreiras quando desconectada das práticas sociais e materiais que lhe dão origem. Isso reforça a importância de que a análise de uma estrutura real seja incorporada ao ensino como forma de recuperar a dimensão humana da

ciência, entendida como processo de construção, revisão e tomada de decisões. Freire (1996) contribui com essa perspectiva ao defender a leitura crítica da realidade como condição essencial para que o conhecimento escolar faça sentido para o sujeito. A passarela, nesse contexto, deixa de ser apenas um objeto físico e passa a constituir um mediador cultural que permite ao estudante interpretar o mundo que o cerca, relacionando tecnologia, sociedade e conhecimento científico.

Essas reflexões encontram ressonância direta na BNCC (Brasil, 2018), que estabelece que o Ensino de Física deve capacitar os estudantes a analisarem fenômenos naturais e sistemas tecnológicos, compreendendo forças, equilíbrio, energia e transformações físicas em contextos concretos e socialmente relevantes. A análise sistemática da passarela dialoga particularmente com habilidades como EM13CNT103, EM13CNT102, EM13CNT106, EM13CNT201, EM13CNT205 e EM13CNT301, pois envolve interpretar situações reais, construir modelos explicativos, analisar sistemas tecnológicos e aplicar princípios físicos para explicar seu funcionamento. Além disso, ao envolver modelagem qualitativa, interpretação de diagramas estruturais e análise do comportamento dos materiais, o estudo aproxima-se da competência 2 da área de Ciências da Natureza, que orienta o estudante a compreender e empregar linguagens próprias da Física para interpretar o mundo.

Nesse ponto da discussão, torna-se pertinente sintetizar como os fenômenos físicos identificados na passarela podem ser convertidos em situações de aprendizagem no Ensino Médio. Para isso, apresenta-se o Quadro 9, que articula os resultados da análise estrutural, as possibilidades didáticas e as habilidades da BNCC correspondentes.

A literatura recente reforça que a contextualização por meio de objetos reais, quando articulada a metodologias investigativas, promove uma aprendizagem mais profunda. Sabino e Pietrocola (2016), ao analisar sequências didáticas inovadoras no Ensino Médio, mostram que o uso de problemas reais favorece a compreensão conceitual, o desenvolvimento do raciocínio físico e a aproximação entre saberes curriculares e experienciais. O caso da passarela, nesse sentido, torna-se exemplar: a leitura do projeto estrutural, a análise das vigas metálicas, a observação dos pontos de apoio e a compreensão dos esforços internos constituem oportunidades ricas para que o aluno compreenda como a Física modela e explica sistemas tecnológicos concretos.

A partir dessa abordagem, diversas possibilidades didáticas emergem naturalmente. A passarela pode ser utilizada como cenário para o estudo de diagramas de forças, representação vetorial, decomposição do peso, distinção entre esforços de tração e compressão, análise qualitativa de momentos fletores e até introdução à noção de tensão e deformação. Fotos, plantas, cortes estruturais e observações in loco funcionam como ferramentas de modelagem científica, permitindo que o estudante identifique regularidades, formule hipóteses e explique fenômenos à luz da Física. Além disso, a passarela possibilita a criação de situações-problema — “por que essa viga precisa ser mais espessa?”, “como a estrutura distribui o peso das pessoas?”, “por que existe dilatação térmica no aço?” — promovendo o que Hodson (1992) denomina alfabetização científica crítica.

Desse modo, os resultados obtidos ao longo da análise técnica e física da passarela metálica mostram que a estrutura, além de objeto de estudo da Engenharia, constitui um recurso didático potente para o Ensino Médio, pois integra princípios fundamentais da Mecânica, contextualização, leitura crítica da realidade e desenvolvimento de competências previstas na BNCC. Assim, as implicações para o ensino de Física revelam não apenas a possibilidade, mas a pertinência pedagógica de incluir estruturas reais no repertório de ensino, promovendo uma aprendizagem mais significativa, crítica e conectada ao mundo vivido pelo estudante.

Quadro 9 – Possibilidades didáticas derivadas da análise da passarela metálica

Fenômenos físicos identificados na passarela metálica	Possibilidades de ensino no Ensino Médio	Conexões com a BNCC (habilidades)	Fundamentação teórica associada
Força peso e ação das forças externas	Análise vetorial do peso próprio da passarela e do peso das pessoas; discussão sobre sistemas de forças atuando em estruturas reais; comparação entre forças de contato e forças de campo.	EM13CNT103; EM13CNT102	Ausubel (1973; 2000); Moreira (2011); Freire (1996).
Equilíbrio estático	Interpretação da condição $\Sigma F = 0$ e $\Sigma M = 0$ a partir da observação da estabilidade da passarela; exploração de apoios, vínculos e reações de apoio.	EM13CNT106; EM13CNT301	Hibbeler (2010); Brockington e Pietrocola (2005); Sabino e Pietrocola (2016).
Tração e compressão nas barras metálicas	Identificação visual das regiões tracionadas e comprimidas; análise comparativa utilizando trechos da planta estrutural; discussão sobre	EM13CNT103; EM13CNT205	Hibbeler (2010); Moreira (2011).

	porque certas barras precisam ser mais espessas.		
Momento fletor nas vigas principais	Interpretação qualitativa da flexão: onde a viga “entende” a carga? por que o centro flete?; análise de cenários com diferentes cargas e posicionamentos.	EM13CNT103; EM13CNT106	Ausubel (1973); Pietrocola (2005).
Cisalhamento nas conexões metálicas	Estudo de chapas de ligação, soldas, parafusos e chapas de base; discussão sobre como as estruturas evitam rupturas por esforço cortante.	EM13CNT106; EM13CNT301	Hibbeler (2010); Sabino e Pietrocola (2016).
Tensão, deformação e Lei de Hooke	Comparação entre aço e concreto; discussão sobre módulo de elasticidade; estudo da deformação sob cargas crescentes; análise da ductilidade do aço.	EM13CNT103; EM13CNT205	Hibbeler (2010); Moreira (2011).
Integração entre Física, Engenharia e cotidiano	Discussão da função social da passarela; compreensão da relação entre tecnologia,	CN1, CN2, CN3	Freire (1996); Brockington e Pietrocola (2005); BNCC (Brasil, 2018).

	segurança e mobilidade urbana; elaboração de pequenos projetos investigativos.		
--	--	--	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo analisar os principais conceitos da Física presentes na passarela metálica que interliga o SENAI ao Clube do Trabalhador, identificando, ao mesmo tempo, seu potencial como recurso pedagógico para o Ensino de Física. A investigação partiu do projeto estrutural complementar da obra, interpretado por meio de uma abordagem qualitativa, descritiva e documental, articulando princípios da Mecânica clássica, noções de Engenharia Estrutural e referenciais do Ensino de Ciências. Ao longo do estudo, foi possível demonstrar que estruturas reais constituem espaços férteis para a compreensão de fenômenos físicos, aproximando teoria e prática e contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

Em relação ao objetivo geral, verificou-se que a passarela metálica oferece um campo rico para a análise dos conceitos fundamentais da Mecânica Clássica, como força peso, ação das forças externas, equilíbrio estático, distribuição de tensões internas, tração, compressão, cisalhamento e momentos fletores. A leitura das plantas, cortes e indicações estruturais permitiu compreender como esses fenômenos se manifestam de forma integrada no comportamento global da estrutura, confirmando a hipótese inicial: a passarela apresenta um comportamento compatível com os princípios teóricos previstos pela Física clássica, sendo possível analisar qualitativamente seus esforços estruturais.

Quanto aos objetivos específicos, os resultados foram igualmente satisfatórios.

(1) A identificação dos elementos estruturais — vigas, pilares, lajes metálicas, apoios, ligações parafusadas e treliças — permitiu compreender como cada componente contribui para a estabilidade do sistema .

(2) A análise da força peso e da distribuição de cargas evidenciou que o peso próprio da estrutura e as cargas de utilização são transmitidos aos apoios por meio de trajetórias bem definidas, coerentes com os modelos apresentados pela literatura da Engenharia.

(3) A avaliação dos esforços internos possibilitou reconhecer quais elementos estão submetidos predominantemente à tração, compressão, cisalhamento ou flexão, permitindo a construção de modelos qualitativos compatíveis com o nível de abstração esperado para o Ensino Médio.

(4) A articulação didática fundamentada na BNCC e na teoria da aprendizagem significativa permitiu relacionar a análise física realizada às possibilidades concretas de ensino.

Um dos principais contributos deste trabalho reside justamente nessa articulação entre a análise técnica e as implicações educacionais. Conforme discutido no capítulo 4.3, a passarela funciona como um potente organizador prévio no sentido proposto por Ausubel (1973; 2000), pois mobiliza conhecimentos intuitivos já presentes no repertório do estudante e permite que sejam transformados em conceitos científicos formais. Ao mesmo tempo, situa o ensino de Física em um contexto real, dialogando com a perspectiva defendida por Moreira (2011), Pietrocola (2005), Freire (1996) e pelos documentos normativos da BNCC. Dessa forma, a estrutura analisada deixa de ser apenas um objeto físico e torna-se mediadora no processo de compreensão conceitual, propiciando conexões não arbitrárias entre o conteúdo escolar e o mundo vivido pelos estudantes.

O trabalho também evidencia que a contextualização da Física por meio de objetos reais — como pontes, passarelas e edifícios — constitui uma estratégia didática relevante para o Ensino Médio. A análise da passarela demonstrou como fotografias, plantas estruturais, cortes e observações de campo podem ser utilizados como bases para atividades investigativas, elaboração de diagramas de forças, interpretação de tensões e esforços, construção de modelos físicos simplificados e resolução de situações-problema relacionadas à Engenharia e à tecnologia. Tal abordagem contribui para reduzir a distância entre teoria e prática, frequentemente apontada na literatura como obstáculo à aprendizagem em Física.

Por se tratar de um estudo documental, não houve aplicação direta em sala de aula, o que poderia enriquecer a investigação com dados empíricos relacionados à aprendizagem dos estudantes. Do mesmo modo, a análise estrutural foi qualitativa e não envolveu dimensionamento completo, o que exigiria um aprofundamento matemático maior, e incompatível com os objetivos e escopo da pesquisa.

Apesar dessas limitações, o estudo alcançou plenamente o propósito a que se propôs e abre possibilidades concretas para pesquisas futuras. Sugere-se, por exemplo:

- (a) a elaboração de uma sequência didática completa baseada na passarela;
- (b) o desenvolvimento de atividades práticas com estudantes do Ensino Médio envolvendo modelagem, análise de diagramas e visitas técnicas;

(c) a comparação da abordagem adotada com outras estratégias de contextualização no ensino de Física;

(d) a ampliação do estudo para outras estruturas urbanas, como pontes, torres, galpões e edificações metálicas.

Enfim, conclui-se que a passarela metálica que liga o SENAI ao Clube do Trabalhador não apenas incorpora conceitos fundamentais da Física em sua constituição, mas também se configura como um recurso pedagógico relevante e inovador. Sua análise demonstra que o ensino de Física pode — e deve — dialogar com elementos concretos do cotidiano, contribuindo para uma formação crítica, contextualizada e alinhada às demandas contemporâneas da educação científica. Nesse sentido, este trabalho reafirma a importância de integrar ciência, tecnologia e sociedade no Ensino Médio, valorizando práticas pedagógicas que aproximem os estudantes dos fenômenos que estruturam o mundo real e que constituem a base da formação cidadã e científica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

AUSUBEL, D. P. Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento. Buenos Aires: **El Ateneo**, 1973.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: **Paralelo**, 2000.

AUTODESK, Inc. Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022. Versão 2022. **São Francisco: Autodesk, Inc.**, 2021. Software.

BEER, F. P.; RUSSELL, J. E. **Resistência dos Materiais** - 3ª ed. São Paulo: Pearson, 1995.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: **Ministério da Educação**, 2018. 600p.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NECESSITA SER REAL?. In: XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2., 2005, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2005. v. 1, p. 1-5.

FARIAS, Gabriela Belmont de. Contributos da aprendizagem significativa de David Ausubel para o desenvolvimento da Competência em Informação. **Perspectivas em Ciência da Informação**, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 58-76, abr. 2022.

FERREIRA, Rafael Guilherme Gomes; PIETROCOLA, Maurício. O USO DO AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2., 2021, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2021. v. 1, p. 1-5.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: **Paz e Terra**, 1996.

FORÇA, Ana Claudia; LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Osmar Henrique Moura da. **Atividades experimentais no ensino de Física: teoria e práticas**. s.l.: s.n., 2016.

HALLIDAY, David; WALKER, Jearl; RESNICK, Robert. **Fundamentos de física**, v. 2. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023

HIBBELER, R.C. **Estática: Mecânica para engenheiro**, 12. ed. São Paulo: Person, 2010.

JESUS, William Sousa de. TEORIA, PRÁTICA E APLICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA. In: II CONGRESSO BRASILEIRO ON-LINE DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - ENSIPEX, 2., 2023, Goias. **Anais [...]**. Goias: Integrar, 2023. v. 1, p. 1-5.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 1991.

LEITE, J. C; JÚNIOR, C. A. O. M; RODRIGUES, M. A. Argumentações de um grupo de professores acerca do uso de atividades investigativas. **Revista insignare Scientia**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–16, 2018.

MÁRIO RIBEIRO PROJETOS ESTRUTURAIS. 0121-APV-001-R02 – Visualização tridimensional 1. João Pessoa: Marcelo Ribeiro Projetos Estruturais, s.d. Projeto estrutural (desenho técnico), 2023.

_____. 0121-APV-002-R02 – Visualização tridimensional 2. João Pessoa: **Mário Ribeiro Projetos Estruturais**, s.d. Projeto estrutural (desenho técnico), 2023a.

_____. 0121-APV-003-R02 – Plano de bases. João Pessoa: **Mário Ribeiro Projetos Estruturais**, s.d. Projeto estrutural (desenho técnico), 2023b.

_____. 0121-APV-004-R02 – Planta baixa elev. 3,25 m e 6,84 m. João Pessoa: **Mário Ribeiro Projetos Estruturais**, s.d. Projeto estrutural (desenho técnico), 2023c.

_____. 0121-APV-005-R02 – Corte C e planta da cobertura. João Pessoa: **Mário Ribeiro Projetos Estruturais**, s.d. Projeto estrutural (desenho técnico), 2023d.

_____. 0121-APV-006-R02 – Cortes. João Pessoa: **Mário Ribeiro Projetos Estruturais**, s.d. Projeto estrutural (desenho técnico), 2023e.

_____. 0121-APV-007-R02 – Planta baixa elev. 9,73 m e eixo A. João Pessoa: **Mário Ribeiro Projetos Estruturais**, s.d. Projeto estrutural (desenho técnico), 2023f.

MERIAM, J. L. KRAIGE, L. G. **Mecânica para engenharia: Estática**. vol. 2, Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**, São Paulo : Editora Livraria da Física, 2011.

PIETROCOLA, Maurício. LINGUAGEM E ESTRUTURAÇÃO DO PENSAMENTO NA CIÊNCIA E NO ENSINO DE CIÊNCIAS. In: Pietrocola, Maurício; (Org.). **Filosofia, Ciência e História**: 1ed.São Paulo: Discurso editorial, 2005, v. , p. -.

PINHEIRO, F. A. L. **Teoria e prática no ensino de física: articulações necessárias**. 2016. 64 f. TCC (Licenciatura em física) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

SABINO, A. R.; PIETROCOLA, M. Saberes docentes desenvolvidos por professores do Ensino Médio: Um estudo de caso com a inserção da física moderna. **Investigações em Ensino de Ciências**. Vol. 21, p. 200-216. 2016.

SILVA, S. C.; SCHIRLO, A. C. Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social. **Revista imagens da educação**. vol. 04, p. 36-42. Jan de 2014.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros, Vol. 1, 6ª ed. LTC – **Livros Técnicos e Científicos Editora**, 2009.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, R. A. Mecânica, 12. ed. São Paulo: **Pearson**, 2008.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Campina Grande - Código INEP: 25137409
	R. Tranquilino Coelho Lemos, 671, Dinamérica, CEP 58432-300, Campina Grande (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0003-37 - Telefone: (83) 2102.6200

Documento Digitalizado Restrito

TCC

Assunto:	TCC
Assinado por:	Bruno Aires
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Restrito
Hipótese Legal:	Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Bruno Aires de Macêdo, ALUNO (20131124008) DE LICENCIATURA EM FÍSICA - CAMPINA GRANDE, em 09/03/2026 22:46:00.

Este documento foi armazenado no SUAP em 09/03/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1795658
Código de Autenticação: c9960cf93f

