



Compreensão do conceito de momento de uma força: aplicação no cálculo de estruturas
na educação profissional de jovens e adultos

Mércio Nascimento de Lima

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física da Universidade de Brasília, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Marcello Ferreira

Brasília, DF

Janeiro – 2022

A compreensão do conceito de momento de uma força: aplicação no cálculo de estruturas
na educação profissional de jovens e adultos

Mércio Nascimento de Lima

Orientador:

Prof. Dr. Marcello Ferreira

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física da Universidade de Brasília, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovado por

Dr. Marcello Ferreira

Dr. Marco Antônio Moreira

Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

Brasília, DF
Janeiro – 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

NN244c

Lima, Mércio Nascimento de

Compreensão do conceito de momento de uma força: aplicação no cálculo de estruturas na educação profissional de jovens e adultos / Mércio Nascimento de Lima - Brasília: UnB / IF, 2022.

186 p.

Orientador: Marcello Ferreira

Dissertação (mestrado) – UnB / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional no Ensino de Física.

Referências Bibliográficas: f. 115 -119.

1. Momento de uma força. 2. Aprendizagem Significativa. 3. Unidade Potencialmente Significativa. I. Lima, Mércio Nascimento de. II. Universidade Federal de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional no Ensino de Física. Compreensão do conceito de momento de uma força: aplicação no cálculo de estruturas na educação profissional de jovens e adultos.

Pra você guardei o amor que nunca soube dar
O amor que tive e vi sem me deixar Sentir sem
conseguir provar Sem entregar E repartir.

Nando Reis

Dedico esta dissertação àqueles que fizeram da educação ferramenta de transformação social.

Agradecimentos

Ao meu falecido pai, Israel, que todos os dias levantava cedo para fazer meu café da manhã, desde o dia em que me tornei estudante até o dia em que saí de casa. Do seu jeito simples, mostrou-me a importância da educação.

À minha querida mãe, Glorinha, que, mesmo analfabeta, sempre me dizia que a única herança que poderia me deixar eram os estudos.

À minha amada esposa, Thyciane, pelo apoio incondicional dado a este projeto.

Aos meus filhos: Maurício, Renato, Eduardo, Maria Clara e Gabriel Lucas, motores de estímulos nos momentos mais complicados.

Ao meu inestimável aluno, colega de graduação, orientador e grande amigo, Prof. Dr. Marcello Ferreira, pela presteza, apoio e confiança depositadas neste autor.

À minha amiga, Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima da Silva Verdeaux, pelos conselhos e broncas.

Ao Instituto Federal de Brasília, Campus Samambaia, por abrir as portas para realização dessa pesquisa. Aos meus colegas de Instituto, em especial ao Prof. Dr. Rones Borges, pelo apoio e cobranças, e à Prof.^a Dr.^a Fernanda, por gentilmente ter feito a revisão gramatical.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para realização desta dissertação.

À Universidade de Brasília e ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pela oportunidade e contribuições para a conclusão dessa dissertação.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de Financiamento 001.

RESUMO

COMPREENSÃO DO CONCEITO DE MOMENTO DE UMA FORÇA: APLICAÇÃO NO CÁLCULO DE ESTRUTURAS NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Mércio Nascimento Lima

Orientador:

Prof. Dr. Marcello Ferreira

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade de Brasília (UnB), no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Esta dissertação tem como proposta fazer uma análise translacional da compreensão do conceito de momento de uma força por parte de estudantes do Proeja/IFB/Campus Sambaíba no ano de 2019. Para tanto, propõe-se uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel. Professores com formação técnica questionavam a falta de preceitos básicos em Física e Matemática, principalmente no que se refere ao conceito de momento de uma força, uma importante ferramenta para a disciplina de sistemas estruturais I do curso de técnico em Edificações. Foram identificadas como limitações a falta de experiência discente na área, como as de pré-requisitos, fragilidade ou inexistência de alfabetização científica, o de tempo de afastamento dos sistemas formais de aprendizagem, entre outros. Essa constatação tornou-se um problema de pesquisa e o norteador para a proposição da sequência didática para poder auxiliar na ministração desse conteúdo em perspectiva aplicada. Primeiramente, foi feita uma análise da teoria de Ausubel para que se pudesse investigar como esse aporte poderia apoiar o desenvolvimento dos estudantes, com o objetivo de que seus conhecimentos prévios fossem valorizados nos processos, levando à formulação ressignificada de conhecimentos. A partir disso, dividiram-se as aulas em cinco encontros de tal forma que cada um deles apresentasse o conteúdo de momento de uma força gradualmente. Assim, as aulas que integram a aplicação educacional foram desenvolvidas do seguinte modo: 1) investigação do conhecimento prévio sobre o assunto; 2) aprofundamento a partir desses subsunções; 3) apresentação das equações envolvendo o conceito e a aplicação dessas noções em simulações na plataforma PhET; 4) revisão e exercícios; 5) avaliação. As atividades desenvolvidas foram ministradas de maneiras e abordagens diferentes, sendo mediadas

por aulas expositivas, tecnologias educacionais digitais, laboratórios com materiais cotidianos e avaliações para nivelamento em cada encontro. Foi verificado que, a cada encontro, pelos questionamentos acerca dos conteúdos tratados, das participações, apresentações e realização dos exercícios propostos, o interesse em realizar as atividades apresentadas era progressivo, o que demonstrava um aprofundamento maior dos conceitos abordados, dando indícios de aprendizagem significativa. Nesse sentido, a proposta da sequência didática se mostrou viável para aplicação no grupo de estudantes pesquisado, incorporando contribuições significativas aos respectivos campos de pesquisa e processos de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Momento de uma força. Aprendizagem significativa. Unidade potencialmente significativa. Educação de Jovens e Adultos. Ensino Profissional.

Brasília, DF

Janeiro – 2022

ABSTRACT

MOMENT OF A FORCE'S CONCEPT COMPREHENSION: APPLICATION ON THE CALCULUS OF STRUCTURES AT YOUTH AND ADULTS PROFESSIONAL EDUCATION

Mércio Nascimento Lima

Supervisor:

Prof. Doc. Marcello Ferreira

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação (nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This study aims a translational analysis of the moment of a force's concept comprehension by students from Proeja/IFB/Campus Samambaia in 2019. It proposes a didactic sequence based on Meaningful Learning Theory by Ausubel. Technical educated teachers questioned the lack of basic precepts on Physics and Math, especially about the moment of a force's concept, an important tool to the structural systems subject I of Building Technician course. Some limitations were identified as the lack of teaching experience in the prerequisites area, weak or non-existent scientific learning, time away from learning formal systems among others. This finding has become a research problem and the guide to the didactic sequence built to help teaching these contents under applied perspective. First of all, an analysis of Ausubel's theory in order to investigate how this knowledge could support the students development, valuing and re-signifying their previous knowledge in the process. From that, the classes were divided in five meetings so each one of them could show the moment of a force content gradually. The classes which integrate the educational application were developed in this way: 1) investigation of the previous knowledge about the subject; 2) deepening from the subsumptions; 3) equation presentation of concept and applying of these ideias at the PhET platform; 4) Review and exercises; 5) evaluation. The developed activities were taught by different approaches and ways, such as expositive classes, digital educational technologies, laboratories with usual materials and learning leveling in each meeting. By each meeting, it was confirmed, throughout the questioning about the studied contents, interactions, presentations and solving exercises, the interest in accomplishing the activities. It demonstrates a larger comprehension of the contents, revealing signs of meaningful learning. In this sense, the proposal of a didactic sequence works productively at the group of students observed, developing meaningful contributions to the research and teaching-learning process.

Keywords: Moment of a force. Meaningful Learning. Potentially meaningful unit.

Brasília, DF
Janeiro – 2022

Lista de Figuras

3.1	Alicate com molas ilustrado.	46
3.2	Aplicação da força na extremidade do cabo do alicate.	47
3.3	Aplicação da força no meio do cabo do alicate	47
3.4	Aplicação da força no cabo do alicate, próximo ao ponto de giro.	48
3.5	Chave inglesa com extensor.	49
3.6	Percepção do giro com aplicação da força afastada do ponto.	49
3.7	Percepção do giro com aplicação da força afastada do ponto.	50
3.8	Aplicação de força na extremidade da chave.	51
3.9	Aplicação de força no meio da chave.	51
3.10	Aplicação de força próximo ao parafuso.	51
3.11	Cachimbos de chave de catraca.	53
3.12	Posição de equilíbrio dos cachimbos.	53
3.13	Simulações interativas.	54
4.1	Produto vetorial.	64
4.2	A seção transversal de um corpo rígido.	65
4.3	Regra da mão direita.	66
4.4	Sistema de equações para um corpo não rígido.	68
4.5	Sistema de equações para um corpo não rígido em um plano.	68
5.1	Número de estudantes x subsunçores	71
5.2	Esboço 1 – Vantagem mecânica. Grupo 1.	72
5.3	Esboço 2 – Vantagem mecânica. Grupo 1.	72
5.4	Esboço 3 – Vantagem mecânica. Grupo 2.	73
5.5	Esboço 4 – Vantagem mecânica. Grupo 3	74
5.6	Esboço 5 – Vantagem mecânica. Grupo 3	74
5.7	Esboço 6 – Vantagem mecânica. Grupo 4.	74

5.8 Grupo1 – Resposta N2 para pergunta da atividade 1.	76
5.9 Grupo 2 – Resposta N5 para pergunta da atividade 1.	76
5.10 Grupo 3 – Resposta N5 para pergunta da atividade 1.	77
5.11 Grupo 1 – Resposta N5 para pergunta da atividade 2.	77
5.12 Grupo 2 – Resposta N4 para pergunta da atividade 2.	77
5.13 Grupo 3 – Resposta N5 para pergunta da atividade 2.	78
5.14 Figura 31. Grupo 4 – Resposta N5 para pergunta da atividade 2.	78
5.15 Grupo 2 – Resposta N3 para pergunta da atividade 3.	79
5.16 Grupo 2 – Resposta N3 para pergunta da atividade 3.	79
5.17 Grupo 1 – Resposta N5 para pergunta da atividade 4.	80
5.18 Grupo 2 – Resposta N3 para pergunta da atividade 4.	81
5.19 Grupo 3 – Resposta N4 para pergunta da atividade 4.	81
5.20 Grupo 4 – Resposta N2 para pergunta da atividade	82
5.21 Número de respostas x Nível	83
5.22 Situação 1 – Phet – Introdução.	84
5.23 Número de estudantes x Nível de respostas. Situação 1.	85
5.24 Justificativa N5 para situação 1.	85
5.25 Justificativa N3 para situação 1.	86
5.26 Justificativa N5 para situação 1.	86
5.27 Justificativa N3 para situação 1.	86
5.28 Justificativa N2 para situação 1.	87
5.29 Número de estudantes x Nível de respostas. Situação 2	88
5.30 Justificativa N4 para situação 2.	88
5.31 Justificativa N5 para situação 2	88
5.32 Justificativa N5 para situação 2	89
5.33 Justificativa N2 para situação 3	89
5.34 Justificativa N3 para situação 3.	89
5.35 Número de estudantes x Nível de respostas. Situação 3.	90
5.36 Justificativa N4 para situação 3	90
5.37 Justificativa N4 para situação 3.	91
5.38 Justificativa N3 para situação 3.	91
5.39 Justificativa N2 para situação 3	91
5.40 Justificativa N5 para situação 3.	91
5.41 Laboratório de Equilíbrio	92

5.42	Número de estudantes x Nível de respostas.	93
5.43	Justificativa N5 para situação 1 Etapa 2.	93
5.44	Justificativa N2 para situação 1 Etapa 2.	94
5.45	Justificativa N5 para situação 1 – Etapa 2	94
5.46	Nível das respostas dos estudantes na Etapa 2 – situação 1.	95
5.47	Justificativa N3 para situação 2 – Etapa	95
5.48	Justificativa N4 para situação 2 – Etapa	96
5.49	Justificativa N2 para situação 2 – Etapa 2.	96
5.50	Desafio 1 - Jogo	97
5.51	Desafio 1 – Jogo – acerto.	98
5.52	Desafio 2 – Jogo - O que acontecerá.	98
5.53	Desafio 3 – Jogo.	99
5.54	Desafio 3 – Jogo – Erro.	99
5.55	Desafio 3 – Jogo - Tente de novo.	100
5.56	Desafio 4 – Jogo.	100
5.57	Desafio 5 – Jogo.	101
5.58	Desafio 6 – Jogo.	101
5.59	Questão 1	103
5.60	Resposta avaliada como N4 – Questão 1	103
5.61	Resposta avaliada como N2 – Questão 1	103
5.62	Resposta avaliada como N3 – Questão 1	104
5.63	Questão 2.	104
5.64	Resposta avaliada como N4 – Questão 2.	105
5.65	Resposta avaliada como N2 – Questão 2.	105
5.66	Questão 3.	106
5.67	Questão 3.	106
5.68	Resposta avaliada como N2 – Questão 3.	106
5.69	Resposta avaliada como N3 – Questão 3.	107
5.70	Questão 4.	108
5.71	Resposta avaliada como N3 – Questão 4	108
5.72	Resposta avaliada como N4 – Questão 4	108
5.73	Avaliada como nível 2 – questão 4.	109
5.74	Questão 5.	109
5.75	Resposta avaliada como N2 – Questão 5	110

5.76 Resposta avaliada como N4 – Questão 5.	110
5.77 Resposta avaliada como N3 – Questão 5.	110
5.78 Resposta avaliada como N5 – Questão 5.	111
5.79 Nível de repostas x Quantidade de questões	112
5.80 A alavanca será rotacionada em virtude da aplicação da força F.	120
5.1 Produto vetorial.	152
5.2 A seção transversal de um corpo rígido.	153
5.3 Regra da mão direita.	154
5.4 Sistema de equações para um corpo não rígido.	156
5.5 Sistema de equações para um corpo não rígido em um plano.	156
5.6 A alavanca será rotacionada em virtude da aplicação da força F.	160

Lista de Tabelas

5.1	Nível de resposta dada pelos grupos na atividade 1	76
5.2	Tabela 2: nível de resposta dada pelos grupos na atividade 2	77
5.3	Nível de resposta dada pelos grupos na atividade 3	79
5.4	Nível de resposta dada pelos grupos na atividade 4	80
5.5	Nível das respostas dos estudantes na Etapa 1 – situação 1.	85
5.6	Nível das respostas dos estudantes na Etapa 1 – situação 2.	87
5.7	Nível das respostas dos estudantes na Etapa 1 – situação 3.	90
5.8	Nível das respostas dos estudantes na Etapa 2 – situação 1.	95
5.9	Pontuação na avaliação jogo por classificação de aprendizagem.	97
5.10	Faixa de pontuação em função do número de estudantes.	101
5.11	Respostas avaliadas x número de estudantes – Questão 1	102
5.12	Respostas avaliadas x número de estudantes, Questão 2.	104
5.13	Respostas avaliadas x número de estudantes – Questão 3.	105
5.14	Respostas avaliadas x número de estudantes – Questão 4	107
5.15	Respostas avaliadas x número de estudantes – Questão 5.	109
5.16	Nível de respostas avaliadas em cada nível para cada questão.	111
5.17	Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 2º encontro. . . .	127
5.18	Quadro 4: Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 3º en- contro.	134
5.19	Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 4º encontro. . . .	139
5.20	Tópicos, objetivos e duração de cada aula do produto educacional.	158
5.21	Tópicos, objetivos e duração de cada aula do produto educacional.	158
5.22	Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 2º encontro. . . .	166
5.23	Quadro 4: Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 3º en- contro.	172
5.24	Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 4º encontro. . . .	177

Lista de Quadros

1	Esquema da Assimilação conforme a TAS.	29
2	Tópicos, objetivos e duração de cada aula do produto educacional.	57
3	Referencial e proposta de avaliação de cada aula do produto educacional.	
	Fonte: Elaboração própria (2021).	58

Sumário

1	Introdução	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel	23
2.1.1	Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS	33
3	FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA TRANS-	
	LACIONAL	38
3.1	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	40
3.1.1	Locus de pesquisa: o contexto dos institutos federais – IFs	41
3.1.1.1	Aplicação da UEPS	43
4	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS E CONCEITUAIS ACERCA	
	DO MOMENTO DE UMA FORÇA	60
4.1	Contexto histórico e de suas aplicações na educação básica	60
4.1.1	Momento de uma Força	63
5	RESULTADOS E ANÁLISES DA APLICAÇÃO EDUCACIONAL	70
5.1	Atividade 1: aplicação de força em cada ponto de um alicate com mola.	76
5.2	Atividade 2: Aplicação da força para tirar um parafuso	77
5.3	Atividade 3: aplicação de força por uma chave inglesa em um parafuso ex-	
	tensor segurado pelo estudante.	78
5.4	Atividade 4: distâncias dos cachimbos (massas diferentes) em relação ao	
	ponto de giro de uma régua para manter o sistema em equilíbrio.	80
5.5	Etapa 1 – Simulação Balançando – Situação 1	84
5.6	Etapa 1 – Simulação Balançando – Situação 2	87
5.7	Etapa 1 – Simulação Balançando – Situação 3	89
5.8	2ª Etapa – Laboratório de Equilíbrio – Situação 1	92

5.9 2ª Etapa – Laboratório de Equilíbrio – Situação 2	94
Considerações Finais	113
Referências	115
Anexo I Alavancas	120
Apêndice A Plano de aula – 1º encontro	122
Apêndice B Roteiro - 1º Encontro para confecção da UEPS – Sequência didática – Proeja	126
Apêndice C Plano de aula – 2º encontro	128
Apêndice D 2º encontro para confecção de uma Ueps – Proeja – módulo 1	132
Apêndice E Plano de aula – 3º encontro	135
Apêndice F 3º encontro	138
Apêndice G Plano de aula – 4º encontro	143
Apêndice H Lista de exercícios - 4º encontro	145
Apêndice I Produto Educacional	149

Capítulo 1

Introdução

Pelo Decreto nº 5.478, de 24 de maio de 2005, foi criado o Programa de Integração da Educação Profissional ao Ensino Médio na Modalidade Educação de Jovens e Adultos. No mesmo ano, por meio do Decreto nº 5.840, de 13 de junho de 2006, foi ampliada a abrangência e aprofundados seus princípios pedagógicos, passando a se chamar Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos – Proeja (BRASIL, 2006). No Instituto Federal de Brasília – IFB, criado em 2008 pela Lei nº 11.892, a implementação do Proeja em alguns campi se deu anos depois, considerando a preparação dos planos de cursos e as necessidades de cada região. Trataremos deste ponto mais à frente, na metodologia.

Apesar de ser uma modalidade relativamente recente em educação, o Proeja já apontava algumas dificuldades em sua criação, entre elas, o caráter obrigatório de sua implementação. Isso gerou resistência por parte da comunidade docente das instituições relacionadas, que alegava não ser capacitada para atender esse público, além da escassez de pessoal para ministrar algumas disciplinas de formação profissional (FRANZOI et al., 2010). Esses problemas, evidenciados em Institutos Federais de outros estados, também foram identificados e vivenciados pelo campus Samambaia do IFB, locus desta pesquisa, cuja caracterização será apresentada na metodologia (Capítulo 2, Seção 3.1.1).

Segundo Magalhães e Castioni (2019), entre os problemas de implementação, temos como evidente a identidade do que vem a ser o ensino técnico, considerando a minimização do ensino técnico em detrimento da graduação; o grande acúmulo de conteúdos com a simples junção das disciplinas técnicas e as do currículo do Ensino Médio; e a concepção de o professor do Instituto Federal de Brasília ter status de professor universitário, carregando consigo uma metodologia não aplicável ao ensino profissional, influenciando a própria ex-

pansão da educação profissional.

Também é evidenciada uma tensão institucional que se dá por posições diferentes dos próprios docentes, sendo que os mais antigos defendem a manutenção de uma identidade escolar mais ligada ao ensino profissional, apesar de acharem que devem ser ofertados cursos superiores. Já os professores recém-contratados, que são a maioria hoje, defendem uma oferta maior do ensino superior e a valorização da pesquisa científica (MORAES, 2016). Tal problema de identidade não é recente, é anterior até mesmo à criação dos Institutos Federais, pois, socialmente, já temos uma cobrança de que o profissional só será bem-sucedido ao se inserir no Ensino Superior.

Ainda assim, o Governo Federal criou uma nova proposta educacional voltada ao ensino técnico e ao atendimento de um público com as mesmas características da EJA (Educação de Jovens e Adultos).

Uma característica frequente do(a) estudante(a) é sua baixa autoestima, muitas vezes reforçada pelas situações de fracasso escolar. A sua eventual passagem pela escola, muitas vezes, foi marcada pela exclusão e/ou pelo insucesso escolar. Com um desempenho pedagógico anterior comprometido, esse estudante volta à sala de aula revelando uma autoimagem fragilizada, expressando sentimento de insegurança e de desvalorização pessoal frente aos novos desafios que se impõem (BRASIL, 2006, p. 16).

Essa vertente se dá em virtude da mudança de concepção na própria formação: o estudante não só concluirá o Ensino Médio, mas terá uma formação técnica gerando novas perspectivas relativas ao mercado de trabalho na área. Pensando nas dificuldades discentes apontadas anteriormente, sobretudo as de ordem cognitiva, como a falta de pré-requisitos (conhecimentos prévios), mas também de ordem estrutural, como o longo tempo fora do ensino formal, entre outras (FRANZOI et al., 2010), o planejamento de curso foi pensado no acesso desse estudante por meio de sorteio, com prioridade àqueles oriundos de escolas públicas e com maior afastamento da educação formal, oferecendo, assim, mais oportunidades e minimizando a insegurança de um processo seletivo meritocrático. Além disso, considerando os estudantes hipossuficientes, é oferecido auxílio permanência por meio de bolsas, as quais, mesmo com o baixo custo, ajudam na manutenção do estudante interessado, levando em conta as dificuldades financeiras.

Sabemos que a procura de jovens e adultos pela escola não se dá de forma simples. Ao contrário, em muitos casos, trata-se de uma decisão que envolve as famílias, os patrões, as condições de acesso e as distâncias entre casa e escola, as possibilidades de custear os estudos e, muitas vezes, trata-se de um processo contínuo de idas e vindas, de ingressos e desistências. Ir à escola, para um jovem ou adulto, é antes de tudo, um desafio, um projeto de

vida (BRASIL, 2006a, p. 8).

Breve pesquisa em bases bibliográficas, como descreveremos a seguir, constatou número pouco expressivos de trabalhos voltados para o ensino de momento de uma força no âmbito da Física e nenhum particularmente voltado ao Proeja. Considerando que o tema citado é muito específico, pois se trata de um conteúdo aplicado no curso técnico em Edificações na modalidade integrada ao Proeja, mas de importância relevante para a permanência do estudante no curso, essa constatação, associada à experiência e à prática profissional do autor desta dissertação, tornou-se um problema de pesquisa e o norteador para a proposição da sequência didática, e, dessa forma, poder auxiliar na ministração desse conteúdo em perspectiva aplicada e auxiliada por um referencial teórico-metodológico compatível, no contexto da educação básica e profissional.

Essa problemática foi trabalhada na perspectiva translacional (FERREIRA et al., 2021), em que a pesquisa acadêmica estabelece relação conexa e produtiva com o contexto de aplicação prática (no caso, o ensino de Física na Educação Básica), com participação ativa do pesquisador e de seu contexto laboral, buscando-se retroalimentação constante – a pesquisa subsidia e orienta a prática e esta, por sua vez, consubstancia e significa aquela. O instrumento de mediação entre prática profissional e pesquisa, neste caso, foi o desenvolvimento, a aplicação e a avaliação de uma sequência didática. Para Ferreira e Filho (2019), esse dispositivo é a forma típica de organização em atividades escolares, considerando a aula como forma comum aos processos de ensino, hierarquizando didaticamente os estudos relativos ao conteúdo e estimulando o estudante com atividades sequenciadas articuladas ao conhecimento prévio para construção de novos conceitos.

Nesse sentido, este trabalho tem como proposta fazer uma análise da compreensão do conceito de momento de uma força por parte dos estudantes que compõem a educação profissional para jovens e adultos do Proeja, tomando por amostra o curso técnico em Edificações do IFB. Apesar de todas as facilidades para ingresso e manutenção do estudante na instituição, as dificuldades de aprendizagem foram evidentes, considerando o número de evadidos, conforme já citado. Além disso, os professores com formação técnica questionavam a falta de preceitos básicos em Física e Matemática, em especial no que se refere ao conceito de momento de uma força, entendido como uma importante ferramenta para a disciplina de Sistemas Estruturais I do curso de Técnico em Edificações.

Várias pesquisas vêm sendo feitas para minimizar um desses problemas: a formação dos professores da área técnica para atuarem no ensino regular. O Ministério da Educação

tem cursos de formação continuada para esse fim – e, particularmente o Instituto Federal, no campus Samambaia, possui licenciatura para formação de professores para o Ensino Profissional e Tecnológico (EPT). Entretanto, é notória a escassez de abordagens diretamente relacionadas ao ensino de tópicos de física a esse público, a esse nível e a essa modalidade educacional.

Uma breve e operacional pesquisa nos sites especializados em periódicos acadêmicos traz artigos e dissertações relativos à formação de professores na modalidade Proeja, incluindo algumas iniciativas voltadas para esse tema, como no Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF - UFF). Nela, se destaca a dissertação “Sequência de práticas com recursos multimídia para ensino de eletromagnetismo no EJA e Proeja” (NASCIMENTO, 2017). Há, ainda na Universidade Federal Fluminense, em seu mestrado profissional de ciências exatas, a dissertação “O ensino de física por meio do uso de ferramentas tecnológicas: um estudo de caso com o PROEJA” (NASCIMENTO, 2015), por exemplo.

Quando se trata das dificuldades relativas aos estudantes, sejam elas de aprendizagem, defasagem curricular, pré-requisitos ou integração dos planos de cursos, o número de trabalhos envolvendo esses temas aumenta significativamente e direciona-se para tópicos como: motivos de evasão, manutenção da permanência, integração curricular e dificuldade de aprendizagem (CARDOSO, 2014; COSTA et al., 2021; ALMEIDA, 2008; COSTA, 2016). Propõe-se, para isso, uma sequência didática fundamentada na TAS de Ausubel, com o intuito de mediar o ensino sob perspectiva revisada, adequando-o ao contexto e, para além, buscando referenciamento social e cultural que subsidiem transformações necessárias.

Para atender a esse objetivo, o presente texto é constituído de 5 capítulos, além desta introdução, assim compostos: I) Referencial Teórico, dividido em dois tópicos, a Teoria de Aprendizagem Ausubel – Aprendizagem significativa e uma Sequência Didática – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como recurso didático articulando a teoria de Ausubel a um material instrucional; II) Metodologia que aborda a pesquisa, um breve histórico sobre o IFB e a aplicação da UEPS; III) Momento de uma força que trata tanto do histórico como dos conceitos relativos à aplicação em sala de aula; IV) Resultado e análises e V) Considerações Finais, em que se apresentam as conclusões acerca do trabalho. São, por fim, relacionadas as referências bibliográficas utilizadas e apensados materiais que subsidiaram a realização da pesquisa.

Capítulo 2

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

Na Teoria de Aprendizagem de Ausubel (TAS) de Ausubel (2003), a aprendizagem significativa (AS) é tomada como “[...] um processo pelo qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo” (MOREIRA, 2011, p. 13). Não arbitrária significa que essa nova informação não pode ser um conceito qualquer, tem que estar vinculado, de maneira clara, à estrutura cognitiva do sujeito, mesmo que seja um conhecimento básico, mas especificamente relevante e preexistente em sua estrutura cognitiva. Dessa forma, o conhecimento prévio servirá como “âncora” (apoio) para a nova informação e, assim, esses novos conceitos poderão ser aprendidos significativamente. Ausubel chama esses conhecimentos prévios de subsunçores. Não literal significa que o novo conceito incorporado à estrutura cognitiva do estudante não pode ser ao “pé da letra”, palavra por palavra; o importante é a substância desse novo conhecimento.

É essencial que se tenha em conta que a aprendizagem significativa, para Ausubel e colaboradores (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2004, 2011, 2012 e 2018), é aquela que, ancorando-se em conhecimentos prévios (ou, em sua inexistência, uma organização avançada, advinda por materiais pertinentes – à frente compreendidos como potencialmente significativos), mediada por problemas contextuais e relevantes, devidamente hierarquizados, leva à formulação ressignificada de tais conhecimentos – isto é, à (re)aplicação teórica e prática em situações-problemas diversificadas.

Considerando a importância da ideia central da AS e o perfil do público do Proeja (e também da Educação de Jovens e Adultos – EJA), diversas publicações tratam de temas

envolvendo esses estudantes, a saber: Anjos e Silveira (2013), Costa et al. (2007), Almeida (2008), documento base do Ministério da Educação (BRASIL, 2007), leis federais e decretos (BRASIL, 2005 e 2008), corroborando as características aqui já mencionadas e com as necessidades de se reconhecer os saberes desses estudantes.

Esses sujeitos são portadores de saberes produzidos no cotidiano e na prática laboral. Formam grupos heterogêneos quanto à faixa etária, conhecimentos e ocupação (trabalhadores, desempregados, atuando na informalidade). Em geral, fazem parte de populações em situação de risco social e/ou são arrimos de família, possuindo pouco tempo para o estudo fora da sala de aula (BRASIL, 2007).

Costa et al. (2007) salientam a necessidade de

[...] mudanças que envolvam a quebra de paradigmas, no âmbito teórico metodológico, de forma a possibilitar a motivação do estudante no circuito ensino aprendizagem, mediante a valorização dos saberes prévios do educando e a associação constante entre teoria e prática cotidiana.

Esse reconhecimento de saberes converge para a experiência do autor deste projeto e a crença de que, para estudantes que carregam as várias dificuldades citadas, ter como ponto de partida seus conhecimentos prévios, os torna protagonistas, estimulando suas participações ativas na produção de conhecimento, relacionando-os, assim, ao referencial teórico escolhido para esta dissertação.

Dessa maneira, segundo Moreira (2011, p. 31), a aprendizagem em contexto de ensino impositivo, que é a mais recorrente no modelo tradicional, é o fundamento para o aparecimento da denominada **aprendizagem mecânica**, prestando-se à resolução de testes, avaliações e pouco significativas na aprendizagem duradoura, o que acaba por desestimular o estudante do Proeja, reforçando o derrotismo pela aprendizagem e indo na contramão da concepção das ideias de Ausubel. Essa aprendizagem dita mecânica (por seu caráter repetitivo) ocorre quando é falha a incorporação e a atribuição de significado de novos conceitos de tal forma que determinado novo conteúdo passe a constituir a estrutura cognitiva de forma desarticulada ou por meio de associações arbitrárias. É papel do professor encontrar maneiras para que o interesse do estudante seja estimulado, buscando metodologias que possam ser abordadas levando em consideração a importância de temas que fazem parte do cotidiano do discentes, pois muitos já estão inseridos no mercado de trabalho e procuram um conhecimento prático, que contribua para o suprimento de suas necessidades imediatas (ANJOS; SILVEIRA, 2013).

Assim, na aprendizagem de jovens e adultos, esse contexto impositivo não favorece a aprendizagem de fato significativa, uma vez que o estudante encontra muitas dificuldades

em manter suas atividades discentes, como tempo de afastamento do espaço escolar, o mercado de trabalho no qual se encontra inserido, problemas familiares, dificuldades de acesso e uma metodologia adequada de aprendizagem (ALMEIDA, 2008). Dado o fator de que a metodologia pode ser modificada pelo docente, para assim não só mantê-lo em suas atividades acadêmicas, mas também acrescentar conteúdos na sua estrutura cognitiva, voltadas muitas vezes ao seu espaço laboral, mais uma vez, a Teoria de Aprendizagem de Ausubel converge nesse sentido.

A TAS propõe uma visão alternativa baseada no cognitivismo, que concebe a aprendizagem como a organização e a integração apresentadas aos estudantes, voltadas à realidade de ensino da sala de aula, considerando o que o estudante já sabe, sendo um fator isolado de grande influência na aprendizagem (MOREIRA, 2011, p. 13). Para Ausubel, a aprendizagem se dá por meio da interação entre conceitos já existentes na estrutura cognitiva do estudante e a natureza do material a ser ensinado. Logo, esse material deve estar associado ao que o estudante já tem como estrutura cognitiva de forma substantiva. Essa interação faz emergir um conceito fundamental para Ausubel: a **aprendizagem significativa**.

A aprendizagem significativa só acontece quando vinculada a um conhecimento prévio na estrutura cognitiva do estudante. Dessa forma, novos conceitos só terão significados, substância, quando ancorados nesse conhecimento ou subsunçor. Nesse processo, os novos conhecimentos ganham significados para os estudantes, transformando seus conhecimentos prévios em novos significados ou, ainda, uma maior estabilidade nesses subsunçores.

É por essa razão que a sequência didática desenvolvida, aplicada e avaliada nesta pesquisa, buscando-se a correlação entre o ensino de momento de uma força e a perspectiva da AS, se caracterizou por um conjunto diverso e articulado de atividades didáticas, todas elas referenciadas na relação entre conhecimento prévio, desenvolvimento hierárquico de problemáticas e ressignificação de conhecimentos.

No primeiro encontro com os estudantes, eles foram arguidos com questionamentos acerca de vantagens mecânicas. Como já tinham sido ensinadas as condições de equilíbrio de um ponto material, por meio das leis de Newton, e, ainda antes, conceitos básicos de cinemática, fica suposta a presença de subçuncores relacionados aos conceitos de força e distância. Na arguição, para verificar a referida suposição, foi perguntado se um corpo extenso, ao ser submetido a duas forças de mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos, em distâncias diferentes em relação a um ponto qualquer de sua extensão, mante-

ria em equilíbrio. A resposta foi afirmativa, denotando que, apesar de os conceitos de força e distância serem subsunçores satisfatoriamente identificados, o mesmo não ocorria para a relação entre as duas grandezas, quando aplicadas em um corpo extenso. Por consequência, temos que diferenciar o material já ensinado e o material a se ensinar, nesse caso, a relação entre força e distância.

É importante salientar que força, distância e vetores foram conceitos ensinados, logo, corresponderiam a subsunçores, estáveis ou não. Resta claro, portanto, que se precisa buscar, para ensinar momento de uma força, as relações das grandezas citadas anteriormente em situações que envolvam torque. Assim, no respectivo encontro, foi utilizado um texto introdutório (anexo I), para iniciarmos as discussões acerca desse assunto, buscando a estabilização dos subsunçores.

Ausubel chama essa estratégia pedagógica de **organizadores avançados**. Para ele:

Um organizador avançado é um mecanismo pedagógico que ajuda a implementar estes princípios, estabelecendo uma ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e aquilo que precisa de saber, caso necessite de apreender novos materiais de forma mais ativa e expedita. A situação mais imediata que faz com que um organizador avançado seja desejável e potencialmente eficaz no estabelecimento desta ligação é que, na maioria dos contextos de aprendizagem significativa, as ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva são demasiado gerais e não possuem uma particularidade de relevância e de conteúdo suficientes para servirem como ideias ancoradas eficientes relativamente às novas ideias introduzidas pelo material de instrução em questão (AUSUBEL, 2003, p. 11).

Como foi identificado pelo professor que o conhecimento relativo a equilíbrio era generalizado, o texto introdutório teve papel de organizador avançado, que Moreira (2011) trata, nesse e em vários de seus artigos, de **organizador prévio**.

Os organizadores prévios são recursos instrucionais em um nível mais alto de abstração do material que deve ser ensinado. Podem ser um texto, uma aula expositiva, um recurso computacional ou materiais de laboratório, mas é importante que se disponham antes do material que se deseja ensinar e também que sejam mais abrangentes.

Para Moreira (2011), há dois tipos de organizadores prévios: o expositivo e o comparativo. O expositivo é usado quando o estudante não possui subsunçores ligados ao material de aprendizagem. Assim, o organizador expositivo cria uma ponte entre o que ele sabe e o que ele deveria saber para tornar o material de aprendizagem potencialmente significativo. Já o organizador comparativo relaciona uma ideia familiar ao estudante ajudando a integrar novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva, a diferenciar conceitos parecidos,

mas que, em sua essência, são diferentes. No caso da primeira aula, foi usado um organizador comparativo, pois os estudantes estavam confundindo as condições de equilíbrio em situações diferentes. O recurso se mostrou eficaz, pois foi identificado pelo professor que o novo material apresentado teve estabilidade e significado.

A evidência da aprendizagem significativa, para Ausubel, não é demonstrada quando o estudante consegue repetir conceitos atribuídos a ele; ao contrário, é necessário que a verificação da aprendizagem significativa seja clara, demonstre diferenciação, e que a mudança de determinado conceito ainda tenha significado para o estudante. Essas evidências foram percebidas em cada encontro com os estudantes, quando se verificou que o material que iria ser apresentado era relativamente familiar. Então, foi usado um organizador comparativo, que integrou as ideias já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Assim, em cada encontro foi utilizado um material em nível mais alto de abstração, sempre relacionado ao que foi apresentado anteriormente.

Existem duas condições para considerar a aprendizagem significativa: a disposição do estudante para aprender de maneira significativa e o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo. A primeira condição implica o material ter significado lógico ligado a algum conhecimento prévio na estrutura cognitiva do estudante. Isso não diz respeito a gostar da matéria, mas, por algum motivo, o estudante tem que estar predisposto a relacionar o novo conhecimento ao seu conhecimento prévio, modificando e dando significado a esses conhecimentos (MOREIRA, 2011, p. 25). Caso o estudante queira memorizar o conteúdo, a aprendizagem será mecânica. Ademais, o material a ser ensinado tem que ser potencialmente significativo, tem que possuir um significado lógico, ou seja, depende somente da natureza do conteúdo, ligado à experiência que cada indivíduo tem. Cada estudante faz a relação dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio (PELIZZARI et al., 2002).

Ao serem satisfeitas as condições ditas nos parágrafos antecedentes, Ausubel tipifica a aprendizagem significativa em três: **representacional, de conceitos e proposicional**.

A **aprendizagem representacional** é a mais importante, sendo que as outras duas dependem dela e aproxima-se da aprendizagem mecânica. Esse tipo de aprendizagem se dá quando há uma equivalência entre os símbolos arbitrários e os seus referentes correspondentes, ou seja, para uma criança, um objeto é apenas um objeto ligado ao seu espaço, não é um conceito, e sim uma representação, tal como uma mesa ou uma cadeira. Para um adulto, essa representação poderia ser um evento que não foi associado a atributos e não definiriam o conceito correspondente (MOREIRA, 2011, p. 38). A aprendizagem represen-

tacional é significativa porque se relaciona, de forma não arbitrária, a uma generalização existente na estrutura cognitiva de quase todas as pessoas, “[...] quase desde o primeiro ano de vida – de que tudo tem um nome e que este significa aquilo que o próprio referente significa para determinado aprendiz” (AUSUBEL, 2003). Esse tipo de representação pode ser evidenciado em sala de aula ao relacionar a grandeza força ao ato de puxar ou empurrar, considerando que o ato de força é algo concreto, que “gera” apenas movimento.

A **aprendizagem de conceitos** está relacionada à aprendizagem representacional, associada à relação de que objetos ou situações possuem características comuns e são nomeados pelo mesmo signo ou símbolo. Para Moreira (1997), a aprendizagem conceitual é uma aprendizagem representacional em alto nível: “[...] é preciso distinguir entre aprender o que significa a palavra conceito, ou seja, aprender qual conceito está representado por uma dada palavra e aprender o significado do conceito”. Em outras palavras, essa compreensão se torna um subsunçor que relaciona determinado signo a outras variações desse mesmo signo, generalizando-o e tornando o que antes estava disponível na estrutura cognitiva do estudante em algo mais abrangente e de significativa aprendizagem.

Considerando o exemplo dado anteriormente, conclui-se que força não está associada apenas ao ato de puxar ou empurrar, mas também a deformar, e que ainda pode ser classificada de várias formas, podendo gerar ou não movimento. Assim, é possível reconhecer qualquer variação de movimento relacionado à força a partir de características gerais que antes estavam disponíveis na estrutura cognitiva do discente, tornando mais abrangente e significativa a aprendizagem. Esse aspecto em particular foi articulado no terceiro passo da sequência didática desenvolvida nesta pesquisa, demonstrando que o conceito de força não estava associado apenas ao movimento translacional, mas também poderia gerar giro ou dependendo das condições de aplicações destas forças, equilíbrio.

Por fim, a **aprendizagem proposicional** se refere aos significados de ideias expressas por grupos de palavras combinadas em proposições ou sentenças - o sujeito entende o significado desse conjunto de palavras expressas em novas proposições. Os outros dois tipos de aprendizagem são básicos para a aprendizagem proposicional, mas o significado de uma proposição não é o somatório dos significados dos conceitos e das palavras nela envolvidos (MOREIRA, 2011).

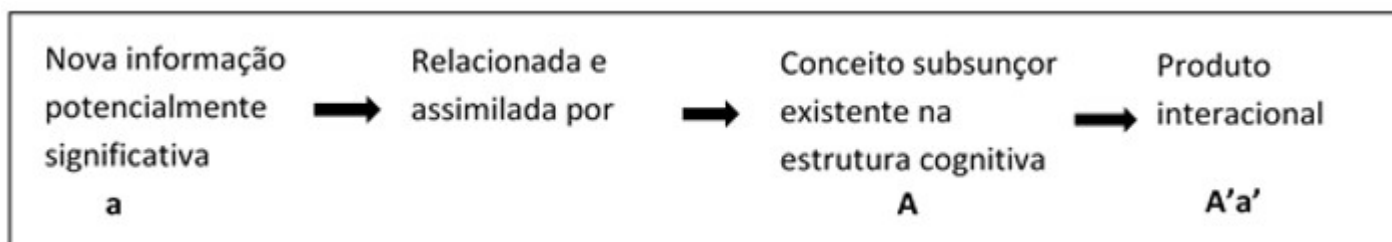
Tomando ainda como exemplo a palavra força, na aprendizagem proposicional, ela assume o significado conceitual, no qual estar associado a outras grandezas pode formar novos conceitos, que propõem novas grandezas ou situações, tais quais o momento de uma força.

Para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa é parte de um processo mais amplo e inclusivo, que é o processo de assimilação, um processo da sequência natural de como se dá o desenvolvimento da retenção e do esquecimento, chamado de Teoria da Assimilação. Tal processo está ligado a como se dá a aprendizagem associada a um novo conhecimento. Um novo material mais amplo e inclusivo é ancorado em uma ideia presente na estrutura cognitiva do estudante. Esse produto entre o novo conhecimento (potencialmente significativo) e as ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva têm como resultado um novo conhecimento que pode modificar e diferenciar os subsunçores relacionados ao novo material, que será armazenado e organizado na memória do indivíduo. Assim:

[...] os processos de assimilação na fase da aprendizagem significativa incluem:

- (1) ancoragem seletiva do material de aprendizagem às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva;
- (2) interação entre as ideias acabadas de introduzir e as ideias relevantes existentes (ancoradas), sendo que o significado das primeiras surge como o produto desta interação;
- (3) a ligação dos novos significados emergentes com as ideias ancoradas correspondentes no intervalo de memória (retenção) (AUSUBEL, 2000, p. 8).

Para Moreira (2011, p. 157), o processo de assimilação deixa mais clara e precisa a aquisição de novos significados na estrutura cognitiva e apresenta o esquema que representa esse processo.



Fonte: Moreira (2011, p. 158).

Quadro 1: Esquema da Assimilação conforme a TAS.

Dessa forma, esse processo ocorre quando um novo material **a**, potencialmente significativo, é assimilado a uma ideia mais ampla e inclusiva (subsunçor) **A**, existente na estrutura cognitiva do aprendiz, formando o produto interacional **A'a'**, modificando o subsunçor. Em resumo, a nova informação (potencialmente significativa) interage com o conhecimento prévio tendo como resultado o produto internacional. Nesse resultado, a nova informação ainda estará presente, mas foi modificada devido à interação com os subsunçores, os quais também foram modificados, tornando-se mais elaborados e estáveis.

Para Mendoza et al. (2012), o produto interacional **A'a'** é dissociável em **a'** e **A'**, à medida que o processo de assimilação contínua e passa para um novo estágio, chamado de **assimilação obliteradora**, ou seja, ocorre o esquecimento de **a'**, e **A'a'** passa a ser somente **A'**. Assim, para eles:

Os conceitos mais amplos, bem estabelecidos e diferenciados, servem de ancoradouro às novas ideias e possibilitam sua retenção. Entretanto, o significado das novas ideias tende, ao longo do tempo, a ser assimilado, ou reduzido, pelos significados mais estáveis das ideias estabelecidas. Como é natural, estes novos significados desempenham um papel no aumento de estabilidade, bem como no aumento da força de dissociabilidade associada, que resulta da ligação dos mesmos às ideias ancoradas mais estáveis que lhes correspondem (MENDOZA et al., 2012, p. 5).

Esse novo conhecimento assimilado fica guardado na estrutura cognitiva do indivíduo, formando uma estrutura hierárquica de conceitos, na qual conhecimentos mais específicos são relacionados a conceitos mais gerais e inclusivos (subsunçores). Esse aspecto pode ser observado no segundo encontro da aplicação da sequência didática desenvolvida nesta pesquisa, quando os estudantes associavam a aplicação da intensidade de uma força para gerar torque, mas não relacionavam o aumento ou diminuição da intensidade dessa força à distância de aplicação ao ponto de giro.

Finalmente, para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa e o esquecimento dependem tanto da relação entre novos materiais potencialmente significativos com as ideias relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz, quanto da subsequente perda espontânea e gradual de dissociação dos novos significados adquiridos nesta interação, isto é, das ideias ancoradas (subsunção obliteradora).

Quer na aprendizagem por memorização, quer na significativa, a reprodução real do material retido também é afetada por fatores tais como tendências culturais e de atitude, e pelas exigências de situações específicas do próprio âmbito de reprodução. Estas diferenças entre os processos de aprendizagem por memorização e significativa explicam, em grande parte, a superioridade da aprendizagem e da retenção significativas em relação aos correspondentes por memorização (AUSUBEL, 2003, p. 4).

Para Moreira (2011a), “[...] o esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo de assimilação que facilita a aprendizagem e a retenção de novas informações.

Existem três formas de aprendizagem significativas relacionadas ao grau de assimilação ligado à importância do subsunçor, a saber: a **subordinada**, a **superordenada** e a **combinatória**.

A **aprendizagem subordinada** possui uma relação de dependência entre o novo material e o subsunçor do indivíduo, no qual o processo de assimilação está subordinado a ideias mais inclusivas e estáveis, ou seja, a nova informação é menos instável e inclusiva do que o conhecimento já estabelecido.

De outro modo, na **aprendizagem superordenada** o novo conceito ou ideia é mais estável e inclusivo do que o subsunçor, mas, a partir dele, é assimilada. Para Moreira (2011, p. 159), as ideias são identificadas como recursos mais específicos de uma nova ideia superordenada e definidas por um novo conjunto de características que abrange as ideias subordinadas.

Enfim, a **aprendizagem combinatória** se dá quando as novas proposições não se relacionam de maneira subordinada nem superordenada à estrutura cognitiva do aprendiz, mas podem se relacionar a uma combinação de conteúdos geralmente relevantes, bem como a outros menos relevantes, em tal estrutura (AUSUBEL, 2003, p. 3).

Nesse sentido, na perspectiva de Ausubel a aprendizagem se dá de melhor forma quando conceitos mais gerais e inclusivos são postos em um primeiro momento, depois são introduzidos conceitos mais específicos e detalhados, o que se denomina diferenciação progressiva. Quando se aprende conceitos por meio dos processos de aprendizagem subordinada, superordenada ou combinatória, novas ideias são modificadas, ou seja, os elementos existentes na estrutura cognitiva podem assumir uma nova organização e, com ela, um novo significado. Essa recombinação dos elementos que existem na estrutura cognitiva se designa reconciliação integradora (MENDOZA, 2012).

Para se ensinar conceitos de dinâmica e seus desdobramentos, o professor precisa conhecer como a matéria e como os seus conceitos se estruturam e se relacionam para que um subsunçor possa dar origem a novos subsunçores, promovendo a aprendizagem significativa. Desse modo, devem-se apresentar conceitos mais básicos em primeiro lugar, para, depois, de forma progressiva, diferenciá-los em termos específicos e detalhes, organizando o conteúdo de forma hierárquica. Para se ensinar o momento de uma força, era necessário que conceitos mais básicos estivessem já introduzidos na estrutura cognitiva do estudante, tais quais os conceitos de força e de distância (mais à frente, chamaremos de braço da força).

Em uma conversa preliminar com os estudantes, foi feita, no primeiro encontro, uma sondagem para saber se eles teriam como subsunçores ideias relacionadas ao momento de uma força ou se, mesmo de maneira empírica, reconheciam tais situações. Foram feitas perguntas direcionadas aos estudantes, para, a partir delas, poder fazer esse diagnóstico e

aplicar as ações necessárias com base na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Assim, foi percebido que existia uma familiaridade com o novo material, mas não era estável. Dessa forma, foi utilizado um organizador prévio comparativo: o texto “Alavancas” (Anexo 1) para que as ideias ficassem mais claras.

Os organizadores prévios foram utilizados em todos os encontros desta pesquisa e serão esclarecidos e minuciados nos capítulos posteriores. A utilização desse recurso instrucional foi necessária para que houvesse uma adequação cognitiva no processo de ancoragem, considerando a pouca estabilidade dos subsunçores envolvidos. Assim, em cada encontro, novos elementos foram introduzidos, tornando a estrutura cognitiva mais complexa. Dessa maneira, os organizadores prévios fizeram o papel de mediadores dessa estrutura cognitiva com esses novos conceitos, criando uma “ponte” entre ambos e potencializando a aprendizagem significativa (FERREIRA; FILHO, 2018).

Os princípios da aprendizagem significativa apresentados por Ausubel não possuem fim em si mesmos, mas uma interessante proposta de transposição do conhecimento acerca da aprendizagem para os limites da sala de aula no contexto do ensino de Ciências. Esses princípios, junto com o resumo de teorias e de concepções trabalhadas neste projeto, integram a fundamentação para a abordagem de pesquisa que será apresentada.

Por fim, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel aborda vários princípios que convergem para o fazer escolar do autor deste projeto: ensinar tendo como pontos de partida conhecimentos prévios, fazendo diagnósticos do que os estudantes conhecem sobre determinada área de conhecimento. O foco desta pesquisa é o conceito de momento de uma força; usar como âncora conhecimentos empíricos ou mesmo mecânicos para que possa haver assimilação de novos conhecimentos; utilizar textos motivadores como aspectos que corroboram a forma de ministrar suas aulas, tendo como foco a aprendizagem duradoura do estudante.

Uma vez que a teoria de Ausubel não é uma teoria de aprendizagem, mas uma teoria cognitiva psicológica, de caráter eminentemente descritivo, será necessário o uso de recurso didático a fim de poder articular a Teoria da Aprendizagem Significativa a um material instrucional – portanto, em caráter sobretudo normativo. Um dispositivo capaz de articular as perspectivas descritiva e normativa, já bastante experimentado em contextos de ensino e, em particular, de ensino de física, é a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), sugerida por Moreira (2011b), como ligação entre a TAS e a aplicação em sala de aula (SILVA FILHO; FERREIRA, 2018).

2.1.1 Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS

Uma sequência didática é uma proposta metodológica para organizar, por meio de etapas, atividades educacionais que se relacionam com o objetivo de propiciar aprendizagem (FERREIRA; FILHO, 2019). A sequência didática sugerida neste trabalho é de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Moreira (2011b), que será usada como forma de se associar ao referencial teórico adotado neste trabalho. Como a teoria de aprendizagem de Ausubel é uma teoria psicológica de aprendizagem e possui caráter descritivo, ligá-la a uma metodologia educacional com caráter normativo, e que foi fundamentada na própria teoria, pode facilitar o ensino aplicado diretamente em sala de aula e possibilitar indícios de aprendizagem significativa.

Na construção de uma UEPS, existem oito aspectos sequenciais, que chamaremos de passos. O primeiro passo é definir o conteúdo a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais (MOREIRA, 2011b). Considerando que a aprendizagem significativa tem de estar ligada a um conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva do estudante, a apresentação do material a ser ensinado pode permitir que o indivíduo estabeleça significados que sejam relevantes a seus conhecimentos prévios, mesmo que sejam menos elaborados, e dar ao professor um referencial para tomar como ponto de partida, seja ele retroceder, isto é, apresentar conceitos mais básicos relativos ao conteúdo, seja até mesmo avançar e apresentar novos conceitos tornando o subsunçor cada vez mais estável, claro e diferenciado (MOREIRA, 2011a).

Dessa forma, na primeira aula, foi apresentado o conteúdo de momento de uma força, mas, em sua maioria, os estudantes não sabiam do que se tratava e, ao descrevê-la e associá-la ao torque, muitos já ouviram a palavra, mas não a associavam ao fenômeno. Assim, foi usado como organizador prévio o texto “Alavancas”, que associa a relação entre força e “distância” (que chamaremos de braço da força) para se obter vantagem mecânica, ou melhor, redução de esforço, como leitura introdutória, para indicar a deficiência de conceitos básicos e revelar quais seriam os subsunçores associados a situação apresentada no texto.

No segundo passo, Moreira (2011b) propõe criar situações que levem o estudante a externalizar seu conhecimento prévio, que segundo Ausubel:

O material de instrução relaciona-se quer a algum aspecto ou conteúdo existente especificamente relevante da estrutura cognitiva do aprendiz, i.e., a uma imagem, um símbolo já significativo, um conceito ou uma proposição, quer a algumas ideias anteriores, de caráter menos específico, mas ge-

ralmente relevantes, existentes na estrutura de conhecimentos do mesmo (AUSUBEL, 2003, p. 72).

O segundo passo possui a maior importância, considerando que a base da teoria de Ausubel é centrada no conhecimento prévio do estudante. Então, foi proposta uma discussão relacionada ao material lido em sala e quais seriam as outras situações do cotidiano que estavam em consonância com o texto, evidenciando conceitos mais básicos do conteúdo a ser aprendido e tomando-os como ponto de partida para inserção de novos conceitos.

Após estar claro o “ponto de partida”, ponto este mais básico do que o material a ser ensinado, já que os estudantes evidenciaram saber força e suas aplicações relacionadas a vetores, Moreira (2011b) apresenta o terceiro passo para propor situações-problema, básicos, considerando o conhecimento prévio e preparando para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar. Para Ferreira et al. (2020), esse passo deve ser em nível introdutório, associado ao tópico de ensino. Desse modo, essas situações deverão ser percebidas como problemas pelo estudante e darão sentido a novos conhecimentos.

Considerando que algumas situações cotidianas já foram postas pelos estudantes em um momento anterior, ainda no primeiro encontro, como situações-problema, foi passada uma nova atividade, como organizador comparativo para os estudantes, de situações em que também poderiam obter vantagem mecânica. Um organizador comparativo ajudará o estudante a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo, a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes, sem confundi-los (MOREIRA, 2011a).

[...] no caso de material de aprendizagem relativamente familiar, utiliza-se um organizador “comparativo” quer para a integração de novas ideias com ideias basicamente semelhantes na estrutura cognitiva, quer para aumentar a capacidade de discriminação entre as ideias novas e as existentes, que são essencialmente diferentes, mas confusamente semelhantes (AUSUBEL, 2003, p. 152).

Então, seria inserida uma nova condição em que o estudante deveria apontar os pontos de aplicação da força, não uma força qualquer, mas uma força da qual se poderia gerar torque e relacioná-la à distância desse ponto de aplicação ao ponto de apoio. Em cada esboço da situação-problema criada pelos estudantes, representar essa força por meio de vetores e associá-la ao sentido do giro.

Foi percebido, pelo professor, que a relação entre força e braço de aplicação ainda não estava estável nas estruturas cognitivas dos estudantes, apesar de o material ter sido apresentado nesse encontro por meio do texto utilizado como organizador prévio. Parte

deles ainda não associava corretamente a relação entre força e distância, concebendo que a intensidade da força seria suficiente para a obtenção de vantagem mecânica, independentemente de seu ponto de aplicação.

Apesar da grandeza força ser um subsunçor interpretado como estável em vários momentos do encontro, ficou evidente que os estudantes ainda não conseguiam vincular que a alteração da distância resultava na mudança da intensidade da força. Dessa forma, foi necessário preparar, para o segundo encontro, um roteiro em que essa relação ficasse clarificada e o conceito de força atrelado ao braço dessa força, destacado como uma relação de inversibilidade. Essa dinâmica se justifica na natureza translacional desta pesquisa e na estruturação de uma UEPS, conforme a definimos.

No próximo passo, Moreira (2011b) sugere que seja apresentado o conteúdo a ser ensinado, levando em consideração uma diferenciação progressiva. Contudo, antes de o conteúdo ser apresentado, foi necessária uma atividade colaborativa, em que os estudantes participassem diretamente utilizando materiais cotidianos exposto na aplicação da UEPS, para que a relação entre força e braço se tornasse clara e a compreensão do conteúdo a ser ensinado não fosse comprometida, viabilizando, assim, os passos seguintes.

Para Ausubel (2003), na aprendizagem, os passos anteriores devem ser claros, estáveis e bem organizados. Não se deve introduzir um novo material sem que os que o precedem não estejam evidentes; é preciso que a avaliação da necessidade de retorno do material já apresentado seja constante.

A consolidação, como é óbvio, alcança-se através da confirmação, correção e clarificação, no decurso do retorno (feedback), e através da prática diferencial e da revisão, no decurso da exposição repetida, com retorno, ao material de aprendizagem (AUSUBEL, 2003, p. 172).

Após o feedback das relações entre força e distância, pode-se prosseguir com o quarto passo – apresentar o conhecimento a ser ensinado, levando em conta a diferenciação progressiva. Nesse momento, foi feita uma exposição oral pelo professor retomando os passos anteriores para depois apresentar o conteúdo de momento de uma força, com suas relações, equações e condições de equilíbrio.

No quinto passo, pressupõe-se continuidade à tratativa dos aspectos mais gerais do conteúdo da unidade de ensino. Desse modo, foi usado um recurso computacional – na plataforma PhET, a simulação “Balançando” (PHET, 2019). Esse material foi aplicado para verificação dos tipos de aprendizagens já evidenciados. A plataforma é separada em três etapas: **introdução, laboratório de equilíbrio e jogo**. As três atividades são apresentadas

de forma que o grau de dificuldade de cada etapa seja crescente, como, a propósito, sugere o modelo de UEPS.

A etapa **introdução** foi associada a conceitos básicos e esse novo material tinha como objetivo verificar se o conteúdo ensinado possuía relação com a estrutura cognitiva do estudante, apresentada nos passos anteriores. Nesse caso, o material validado e derivável de algum conceito já existente e na estrutura cognitiva do estudante é chamado de aprendizagem subordinada derivativa (MOREIRA, 1997).

Já na etapa **laboratório de equilíbrio**, o estudante necessita de maior conhecimento do conceito de momento de uma força para poder relacionar as grandezas força e distância como grandezas inversamente proporcionais. Nesse caso, a aprendizagem é subordinada correlativa, em que o novo material de aprendizagem é uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou de proposições anteriormente apreendidas (AUSUBEL, 2003).

No sexto passo, de conclusão, dá-se seguimento ao processo de diferenciação progressiva, retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa (MOREIRA, 2011b). Nesse passo, o **jogo**, a última etapa da simulação “Balançando”, é avaliativo, com apenas duas tentativas, em que novas situações-problema são propostas e o grau de complexidade aumenta a cada nível, sendo que, no último, o estudante deve ter conhecimento das equações das condições de equilíbrio de um corpo extenso. Esse grau de complexidade crescente pode ser visto como um processo instrucional da teoria de Ausubel para influenciar a estrutura cognitiva do estudante de forma substantiva, haja vista que considera a apresentação de princípios unificadores e inclusivos com grau de dificuldade crescente e programática, com organização sequencial (MOREIRA, 1999, p. 61).

Os dois últimos passos são relativos à avaliação e aos indícios de que houve aprendizagem significativa. A avaliação foi feita constantemente em cada etapa da UEPS, procurando evidências da aprendizagem significativa, que eram confirmadas nas avaliações qualitativas, a cada aula, de forma progressiva, levando em consideração a evolução do conteúdo a ser ensinado, seja de forma colaborativa, registrada pelo professor no decorrer das atividades, seja individualmente. Assim, ao serem percebidas evidências de aprendizagem significativa, tanto nos conceitos básicos quanto nos conceitos mais elaborados, uma nova avaliação era feita até chegar no nível de situações-problema mais complexas, sempre com foco nas evidências e não em comportamentos finais. Por fim, foi sugerida uma avaliação somativa individual, com questões que demonstrassem compreensão e pudessem

validar alguma capacidade de transferência.

Finalizando, a UEPS será aplicada para articular a teoria de Ausubel a um material instrucional que pode ser utilizado em sala de aula como recurso didático para se ensinar o momento de uma força. Nessa aplicação, serão seguidos, conforme supracitado, os passos sugeridos por Moreira (2011b) na construção da UEPS, estruturados de maneira progressiva na busca de subsunçores cada vez mais estáveis na estrutura cognitiva do estudante, em face da mobilização e identificação de indícios de aprendizagem significativa. Serão demonstrados, nos tópicos subsequentes deste trabalho, além da aplicação da UEPS com o número de encontros/aulas e o perfil dos estudantes, a metodologia aplicada, o desenvolvimento da pesquisa e a contextualização do locus da pesquisa.

Capítulo 3

FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA TRANSLACIONAL

O Programa Nacional de Mestrado Profissional (PNMP) foi criado pela necessidade de formação profissional de pós-graduandos capazes de elaborar novas técnicas e processos, com desempenho diferenciado que visem a um aprofundamento de conhecimentos ou de técnicas de pesquisa científica, tecnológica ou artística (VIRMOND, 2002). Originado para atender professores que atuam no Ensino Médio e no Ensino Fundamental, com um currículo que contemple sua área específica, tem como princípio básico capacitar os professores com um domínio maior do conteúdo na área atuante, com uma proposta de ação profissional que possa ter, de modo mais ou menos imediato, impacto no sistema a que ele se dirige (MOREIRA, 2004, p. 1):

A formação de professores dos ensinos fundamental e médio que possam, tanto no âmbito de seus locais de trabalho quanto no horizonte de suas regiões, atuar como iniciadores e líderes nos processos de formação de grupos de trabalho e estudo, compostos por professores; é evidente que esta formação dirigir-se-á também, e necessariamente, a melhorar a qualificação do professor enquanto docente, em sua prática pedagógica.

O PNMP tem como propósito aliar o conteúdo a ser ensinado e o conhecimento pedagógico, sendo que a pedagogia irá considerar a melhor maneira de o professor apresentar o conteúdo para que seja mais bem assimilado pelo estudante. Assim, a relação entre professores e estudantes deve ser intermediada por pesquisas mais apropriadas, voltadas a novos materiais, tecnologias educacionais e técnicas de pesquisas visando incentivar e estruturar um conteúdo específico a ser ensinado. É preciso estimular a pesquisa em en-

sino dirigida a problemas reais da sala de aula, valorizando a produção técnica (MOREIRA, 2018). As pesquisas devem ser dirigidas às questões pedagógicas aplicadas a conteúdo específico para fins de ensino e os participantes do programa devem realizar, basicamente, uma pesquisa translacional (COLOMBO et al., 2019; FERREIRA et al., 2021).

A Área de Ensino é, portanto, essencialmente de pesquisa translacional, que transita entre a ciência básica e a aplicação do conhecimento produzido. Desse modo, busca construir pontes entre conhecimentos acadêmicos gerados na pesquisa em educação e ensino para sua aplicação em produtos e processos educativos voltados às demandas da sociedade e às necessidades regionais e nacionais (CAPES, 2019, p. 3).

A pesquisa translacional teve sua origem associada ao Instituto Nacional do Câncer, nos Estados Unidos, e somente na virada do século XX foi expandida para outras áreas da saúde. Esse tipo de pesquisa buscava “[...] promover pesquisa interdisciplinar e acelerar a troca bidirecional entre ciência básica e clínica para mover os achados de pesquisa básica do laboratório para ambientes aplicados envolvendo pacientes e populações” (GUIMARÃES, 2013, p. 1732). A aproximação do conhecimento científico, aliada à vivência do cotidiano, intermediada por aplicações técnicas, não demoraria para ser expandida para outras áreas de conhecimento além da área da saúde.

Na educação, na experiência do autor deste projeto, há uma grande distância entre o que é ensinado nas graduações, no que diz respeito ao ensino de Física, e o que é abordado no Ensino Básico. A pesquisa translacional no ensino aproxima os vários atores envolvidos, sejam eles professores, estudantes, processos e tecnologias, em interação não hierárquica. Para Moreira (2018), a pesquisa básica voltada para produção do conhecimento está distante do que é aplicado nas escolas. Em contrapartida, as pesquisas aplicadas estão dirigidas a questões práticas, buscando soluções rápidas com utilização de recursos instrucionais, tais como aplicativos, sequências didáticas e textos de apoio.

Assim, de forma complementar, a metodologia usada neste projeto será a pesquisa translacional, considerando que, no ensino, busca uma conexão entre vários referenciais teóricos e a aplicação prática em sala de aula. Isso converge aos objetivos desta dissertação, estando alinhado à teoria de Ausubel com a aplicação da UEPS, acreditando que os conhecimentos recentes relacionados à pesquisa translacional devam estar associados a algum conhecimento prévio ou vivência do estudante, mediado por recursos instrucionais, tal como uma sequência didática, com aplicação em sala, mediante ação do professor e do estudante para atingirem um objetivo, relacionado à produção de um material instrucional, aplicação e análise.

3.1 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa translacional relatada nesta dissertação seguiu os procedimentos de: (i) breve revisão operacional do campo de produção acadêmica; (ii) concepção, formulação, aplicação e avaliação de uma sequência didática, no formato de UEPS; e (iii) (re)construção do produto educacional, com base na articulação produtiva entre a pesquisa e aplicação no contexto da Educação Básica.

A investigação bibliográfica foi feita por meio do site de busca Google Acadêmico a partir de fevereiro de 2019 e continuou até o fechamento desta dissertação. Inicialmente, foi feita a busca com as palavras “aprendizagem significativa”, “Proeja” e “SciELO” (este por suas bases de dados serem referência em pesquisa científica), sem períodos específicos, mas em ordem decrescente de datas para avaliar os trabalhos mais recentes. Foram encontrados mais de 1900 periódicos.

Dessa forma, em virtude da grande quantidade de pesquisas nesta área, foi ampliado o número de termos usados para a redução da quantidade de periódicos. Os termos “aprendizagem significativa”, “Proeja”, “UEPS” e “SciELO” foram utilizados e assim encontrados 20 periódicos nessa plataforma, sendo que apenas um deles era voltado, especificamente, para o ensino de Física, porém não vinculado ao Proeja. Assim, foi necessário ampliar a busca retirando a palavra “SciELO”.

Dessa vez, foram encontrados 95 periódicos de todos os tipos, sendo que apenas dois deles contemplavam a área de ensino de Física. Isso pode ser explicado em virtude da especificidade da modalidade de ensino e ainda da sua recente implementação. Na sequência, foi excluída da pesquisa a palavra “Proeja” inserida a palavra “Física”. Dessa maneira, foram encontrados 1050 periódicos. A vasta quantidade de periódicos, considerando as palavras usadas, pode se dar em virtude de Moreira, pesquisador que propõe a UEPS como recurso metodológico para a teoria de Ausubel, ser professor na área de Física.

Usando a plataforma Capes e as palavras “aprendizagem significativa” e “Proeja”, foram encontrados 87 periódicos, sendo 86 artigos e apenas uma tese, evidenciando a dificuldade de se encontrar pesquisas na modalidade ensino Proeja. Desse total, somente 10 eram voltados para o público de jovens e adultos, sendo sete específicos do Proeja e sete relacionados ao ensino de Física.

Os textos retornantes da pesquisa foram lidos e analisados em caráter geral, buscando-se a sua referência. Uma revisão sistemática do campo (e conseqüente relato) não

configura objetivo central deste trabalho. Entretanto, as leituras e os achados foram essenciais para a orientação e para o delineamento da pesquisa, cujo objetivo principal foi o de analisar a percepção do entendimento do conceito de força e momento de uma força dos estudantes na modalidade Proeja de um curso de Edificações, com vistas a elaborar uma proposta de aplicação desses conceitos no cálculo de estruturas. Para tanto, será empregada a perspectiva da Teoria de Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, por meio da proposição de uma sequência didática apropriada, sendo seus objetivos específicos:

- investigar os subsunçores relativos à compreensão dos conceitos de força e momento de uma força, em estudantes do curso técnico de Edificações do Proeja, para, então, propor abordagens didáticas que os considerem;
- desenvolver, aplicar e avaliar uma proposta educacional de ensino aplicada aos estudantes do Proeja, caracterizada por uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), disponibilizando-a a professores do curso técnico em Edificações de Ensino Médio; e
- analisar, qualitativa e quantitativamente, indícios de aprendizagem significativa na aplicação do conceito de torque a partir da aplicação didática desenvolvida.

Neste trabalho, para que os objetivos citados pudessem ser alcançados, foi feita uma pesquisa aplicada (GIL, 2002), caracterizada pelo objetivo de gerar conhecimento para aplicações práticas e soluções de problemas, considerando que este estudo visa à solução de um problema específico: a dificuldade de aprendizagem, de um grupo de estudantes do Proeja, do conteúdo momento de uma força para sua aplicação prática em sala de aula. Para tanto, o problema será abordado por meio de uma pesquisa qualitativa, tendo em mente que a fonte para coleta de dados é o próprio estudante e a subjetividade de seu conhecimento prévio será investigada por uma UEPS, o que se alinha à teoria de Ausubel. Além do mais, julgando que a interpretação do significado é o foco nesse tipo de pesquisa, os dados serão analisados indutivamente. Ainda, de modo complementar, conforme mencionado anteriormente, foi feita uma pesquisa translacional.

3.1.1 Locus de pesquisa: o contexto dos institutos federais – IFs

Os Institutos Federais foram criados em 2008, pela Lei nº 11.892/2008. Vinculada ao Ministério da Educação, a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) é composta pelas seguintes instituições: Institutos Federais, Universidade

Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET – RJ), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET – MG), escolas técnicas vinculadas às universidades federais e Colégio Dom Pedro II (BRASIL, 2008).

Apesar de as escolas profissionais terem sido instituídas no Brasil desde 1909, foram reestruturadas durante os anos até se tornarem CEFET em 1994, mas, somente em 2008, foram criados os IFs e incorporados à RFEPT (ZACARIA et al., 2020).

Em relação aos cursos, a Lei 11.892/2008 institui que o Instituto Federal, em cada exercício, deverá garantir o mínimo de 50% (cinquenta por cento) de suas vagas para atender à educação profissional técnica de nível médio, prioritariamente na forma de cursos integrados, para os concluintes do Ensino Fundamental e para o público da Educação de Jovens e Adultos – EJA (BRASIL 2008). Conforme assinalado anteriormente, o público do EJA, que optou pelo ensino profissional passou a se chamar Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos – Proeja, pelo decreto nº 5.840, de 13 de junho 2006 (BRASIL, 2006).

Além dessas modalidades de ensino profissional, o IF ainda possui os cursos técnicos subsequentes; cursos de formação continuada (FIC) para qualificação profissional; graduação; pós-graduação *latu sensu* e *stricto sensu*; e, ainda, os cursos de licenciatura com programas especiais de formação pedagógica, com vistas à formação de professores para a educação básica, sobretudo nas áreas de Ciências e de Matemática, e para a educação profissional, sendo obrigatório 20% (vinte por cento) de suas vagas totais para atender a esse público (BRASIL, 2008).

O campus Samambaia, local em que foi realizada esta pesquisa, possui os cursos: Técnico em Controle Ambiental; Técnico em Design de Móveis Integrado ao Ensino Médio; Técnico em Controle Ambiental Integrado ao Ensino Médio; Técnico em Edificações; Técnico em Móveis; Licenciatura em Educação Profissional; Tecnologia em Design de Produto; e Técnico em Edificações Integrado ao Ensino Médio na modalidade Proeja, do qual os estudantes do módulo I (o perfil da turma será dado mais à frente) fizeram parte.

Para se ter uma ideia, em termos quantitativos, do tamanho dessa instituição, os dados mais atualizados pelo Ministério da Educação (2018, p. 1) apontam que:

Em 2019, a Rede Federal está composta por 38 Institutos Federais, 02 Centros Federais de Educação Tecnológica (Cefet), a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 22 escolas técnicas vinculadas às universidades federais e o Colégio Pedro II. Considerando os respectivos campi associados a estas instituições federais, tem-se ao todo 661 unidades distribuídas

entre as 27 unidades federadas do país.

A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) tem exercido seu papel com excelência, alcançando várias regiões do país, inclusive o interior do Brasil, e, com seus 643 campi, vem atendendo mais de um milhão de estudantes por ano, com cerca de 80 mil servidores, entre eles professores e técnicos administrativos (CONIF, 2021). Dentre eles, o campus Samambaia do IFB, criado em 2008, oferecendo formação técnica em construção civil (área de interesse dessa pesquisa), meio ambiente e produção moveleira, sendo as áreas escolhidas por meio de consulta pública com a comunidade e baseadas em estudos socioeconômicos da região (IFB, 2021).

O IFB é uma instituição pública e gratuita e o acesso aos cursos se dá por meio de sorteio eletrônico para os cursos técnicos, e pelo SISU¹ para os cursos superiores. Dessa forma, os perfis dos estudantes com acesso ao campus samambaia é diversificado e, segundo Meneses (2018, p. 47), atende jovens e adultos a partir de 14 anos de todas classes socioeconômicas. Em seus critérios de seleção, possui reserva de vagas para “pessoas com deficiência; candidatos autodeclarados pretos, pardos e indígenas; candidatos com renda familiar bruta per capita igual ou inferior a 1,5 salários-mínimos e para candidatos oriundos de escolas públicas”.

Mais da metade (53%) dos estudantes são moradores da região de Samambaia, cujas famílias, em sua maioria, possuem escolaridade baixa. A grande parte dos estudantes do IFB são oriundos de escola pública e a renda bruta média é menor que a renda bruta média dos moradores da região (MENESES, 2018).

Nesse sentido, o IFB tem um setor para auxiliar os estudantes em suas necessidades por meio de sua assistência estudantil, com programas de auxílio financeiro que podem garantir alimentação; transporte; assistência à saúde; inclusão digital e cultura, conforme seu Projeto Pedagógico Institucional – PPI (IFB, 2020).

3.1.1.1 Aplicação da UEPS

O produto educacional deste trabalho está estruturado em uma sequência didática, na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), para instrução dos conceitos de momento de uma força para estudantes do Proeja/IFB, aplicada no ano

¹O Sistema de Seleção Unificada (SISU) é uma plataforma on-line criada pelo Ministério da Educação (MEC) para selecionar estudantes para o ensino superior público por meio da nota no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Disponível em: <<https://vestibular.mundoeducacao.uol.com.br/enem/sisu.htm>>. Acesso em: 03 dez. 2021.

de 2019. Ressalta-se que esse produto pode ser estendido para outros segmentos caso os professores tenham interesse em aplicá-lo, desde que adequado a cada faixa etária e/ou segmento.

A aplicação se deu nas turmas iniciais do curso de técnico de Edificações Proeja, módulo I do Instituto Federal de Brasília, campus Samambaia, tendo como público-alvo estudantes na faixa etária entre 18 a 63 anos, pertencentes a esse grupo. O número de participantes em cada aula oscilava entre 16 a 20 estudantes, considerando que a aplicação se deu no segundo semestre de 2019, nos meses de outubro e novembro, período em que o número de estudantes estava estabilizado.

Pela experiência de ofertas anteriores na modalidade, é comum a evasão de estudantes nas primeiras semanas do início do curso, muito em virtude de alguns não terem clareza do que se trata um curso de Edificações; outros pelas dificuldades de organização de horário entre escola e trabalho, mas, em sua maioria, devido à dificuldade de aprendizagem e ao histórico de frustrações na educação formal. Na dissertação de Almeida (2008), esses pontos já se evidenciavam, pois a evasão é histórica e inerente às políticas educacionais brasileiras, com maior incidência na Educação de Jovens e Adultos e ainda mais na modalidade Proeja.

Assim, foram feitos cinco encontros incluindo uma avaliação somativa final, constituídos na forma de plano de aula. Para Ferreira e Silva Filho (2019, p. 40), “as fases coordenadas da aula envolvem a anunciação de problemas e objetivos e o contato articulado entre conhecimentos prévios e ensino dos novos assuntos, atravessadas por formas de controle e avaliação”.

Dessa maneira, a cada encontro detalhado a seguir, foi elaborado um plano de aula (todos eles presentes nos apêndices deste trabalho) para que os objetivos fossem explicitados e cumpridos.

Como já explicado, por meio de pesquisa, foi elaborada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para apoio dos professores que trabalham com o público Proeja no curso de Técnico em Edificações. Para construção da UEPS, foram utilizados textos introdutórios, experimentos simples com materiais de baixo custo, aulas expositivas, simulações, problemas aplicados e vídeos.

1º encontro: dividido em dois tempos de 45 minutos, conforme plano de aula (Apêndice A). Os conceitos de força e as leis de Newton já tinham sido trabalhados em semanas anteriores a esse encontro, então já eram considerados uma ideia estável na estrutura cognitiva dos estudantes. No primeiro momento, após uma leve sondagem sobre as aplicações

das forças em várias situações do cotidiano, os estudantes tinham de ler o texto “Alavancas” (modificado), utilizado como um organizador prévio de natureza comparativa, cujo objetivo era auxiliar o estudante a integrar novos conhecimentos atrelados aos conhecimentos da sua estrutura cognitiva. O texto foi modificado retirando a parte que envolvia as equações e momento de uma força ou torque, considerando que a aula tem por objetivo identificar subsunçores relacionados às vantagens mecânicas.

Após a leitura do texto, os estudantes discutiram, em grupos colaborativos de, no máximo, quatro estudantes, situações que envolviam vantagens mecânicas. Após finalizada a discussão no pequeno grupo, foi entregue, pelo professor, uma atividade (Apêndice B), usada como organizador expositivo, que fazia uma ponte com o que o estudante sabe e o que deveria saber (MOREIRA, 2011). Nessa atividade, os estudantes deveriam fazer esboços de diferentes situações (desenhos) do que já tinha sido discutido e, a cada etapa, aplicariam seus conhecimentos prévios de vetores representando forças. Nesse momento, o professor fazia uma investigação para verificar a presença de subsunçores e a avaliação da interação do grupo. Os desenhos precisavam estar relacionados aos pontos de aplicação das forças e às distâncias em relação aos pontos de apoio. Em decorrência da demora nas discussões nos pequenos grupos, a atividade proposta foi reduzida de quatro para dois exemplos, sem nenhum prejuízo, haja vista que os objetivos foram atingidos.

No segundo tempo da atividade, um dos integrantes de cada pequeno grupo dispunha de até sete minutos para apresentar seus desenhos e as conclusões relacionadas às posições relativas ao afastamento ou à aproximação das forças em relação ao ponto de giro. Após a apresentação, os estudantes podiam intervir com sugestões, dúvidas, críticas e elogios. Essa atividade tinha como objetivo verificar a presença de subsunçores relacionadas à primeira atividade e ao momento de avaliação pelo professor.

Foi percebido que os estudantes tinham conhecimento prévio de situações em que se poderia obter vantagem mecânica, mas, em sua maioria, o que ficou evidenciado na apresentação, não relacionavam a distância do ponto de aplicação da força à diminuição do esforço, mas à intensidade da força aplicada.

Nos 15 minutos restantes, o professor fez um resumo de tudo o que foi apresentado, formalizando conceitos e representações, e recolhendo o material feito pelos grupos para avaliações posteriores.

2º encontro: teve como objetivo introduzir, na estrutura cognitiva do estudante, uma relação entre o ponto de aplicação da força em relação ao ponto de giro para redução de esforço, gerando torque em situações cotidianas e em condições de equilíbrio. Para isso,

foram utilizadas duas horas-aula para a atividade.

Essa atividade foi pensada para que fosse criado um conceito potencialmente significativo da teoria de Ausubel, a (conciliação) **assimilação**, que, quando contrastado a outro mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, é assimilado (MOREIRA, 1999). Como foi percebido por esse autor, os estudantes tinham como subsunçor a percepção de que a força era uma grandeza que gerava o torque, mas não a relacionavam à vantagem mecânica do ponto de aplicação dessa força e à distância em relação ao ponto de giro. Com essa atividade, foi apresentada uma nova informação potencialmente significativa relacionada a um subsunçor já existente na estrutura cognitiva do estudante. Assim, esses dois conceitos, tanto ao ser aprendido quanto o subsunçor, são modificados de modo a formar um novo conceito mais complexo (MOREIRA, 2012).

A turma foi separada em quatro grupos de, no máximo, cinco estudantes de tal forma que cada grupo ocupou uma bancada, conforme o plano de aula elaborado (Apêndice C), e recebeu um roteiro (Apêndice D) com as atividades a serem executadas em cada bancada com os respectivos materiais.

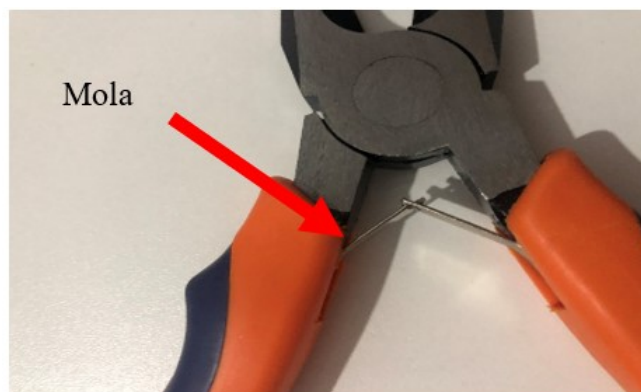


Figura 3.1 – Alicates com molas ilustrado.
Fonte: Elaboração própria (2021).

Na bancada 1, havia um alicate com mola (Figura 3.1), que, ao ser pressionado, aplicaria uma força contrária e proporcional à deformação sofrida. Os estudantes envolvidos com a atividade dessa bancada aplicariam forças em pontos diferentes da extremidade até se aproximar do ponto de giro, conforme ilustrações a seguir.

Na figura 3.2, vemos que a força aplicada pelo estudante se encontra na extremidade do cabo do alicate: o vetor força mostra o ponto de aplicação da força e a distância em relação ao ponto de giro.

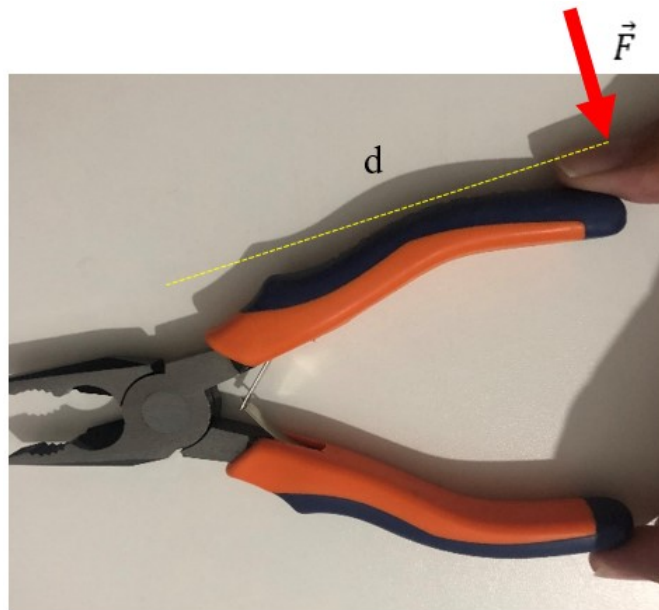


Figura 3.2 – Aplicação da força na extremidade do cabo do alicate.
Fonte: Elaboração própria (2021).

Já na figura 3.3, a aplicação da força para fechar o alicate se dá no meio do cabo, entendendo que, para fechá-lo, o momento da força é o mesmo em virtude da mola. Nesse caso, o estudante perceberá uma diferença no esforço feito para a mesma tarefa.

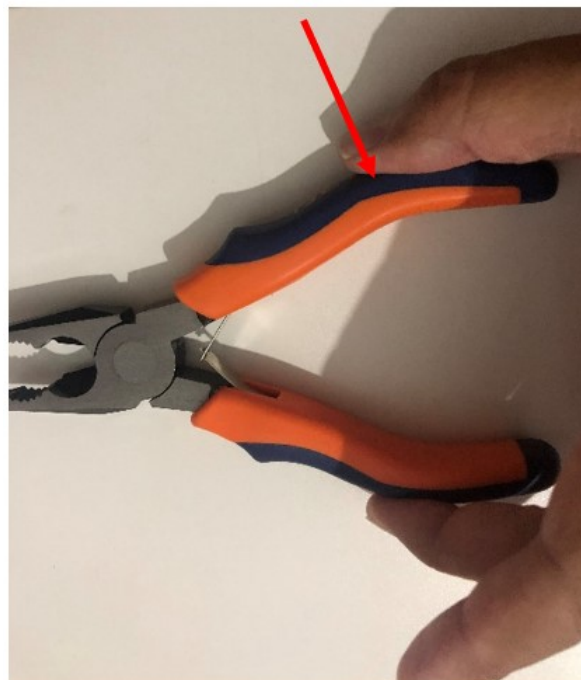


Figura 3.3 – Aplicação da força no meio do cabo do alicate
Fonte: Elaboração própria (2021).

E, por fim, a aplicação é feita próximo ao ponto de giro e espera-se que a força aplicada para uma mesma situação seja maior do que nas duas situações anteriores.

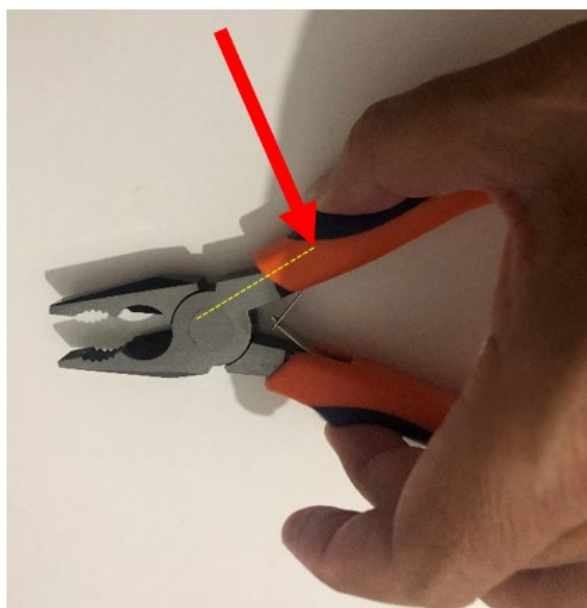


Figura 3.4 – Aplicação da força no cabo do alicate, próximo ao ponto de giro.
Fonte: Elaboração própria (2021).

Após seguir as orientações das atividades, cada estudante anotava as percepções das intensidades das forças aplicadas em relação ao ponto de aplicação. Depois que todos os integrantes do grupo tivessem realizado a atividade, discutiriam para chegar a uma conclusão final, passando, assim, para a próxima bancada.

Pode-se perceber que a atividade foi usada como um organizador comparativo, já que os estudantes estavam pensando na força de forma isolada, fazendo confusão e sem considerar a posição do ponto de aplicação. Todas as atividades que seguem são para mostrar que, em várias situações, a relação entre a força e sua aplicação em determinado ponto poderá gerar vantagem mecânica, incluindo, assim, na estrutura cognitiva dos estudantes um material mais estável por meio da assimilação superordenada.

A segunda bancada foi uma atividade em grupo, mas feita em dupla. Um estudante segurava, com firmeza, o extensor e uma chave inglesa (Figura 3.5), enquanto um outro estudante aplicava forças em pontos diferentes da chave, da extremidade até próximo ao ponto de giro (Figuras 3.6 e 3.7).



Figura 3.5 – Chave inglesa com extensor.
Fonte: Elaboração própria (2021).

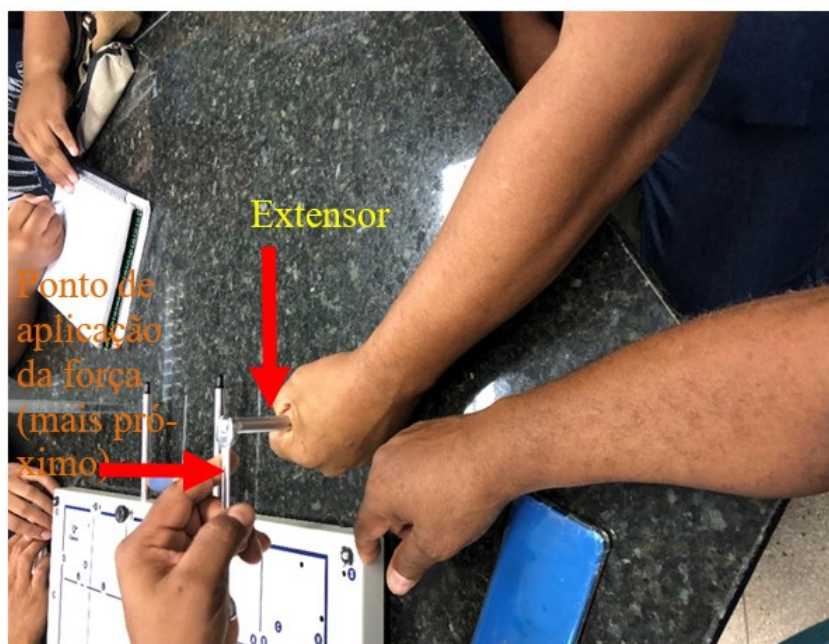


Figura 3.6 – Percepção do giro com aplicação da força afastada do ponto.
Fonte: Elaboração própria (2021).

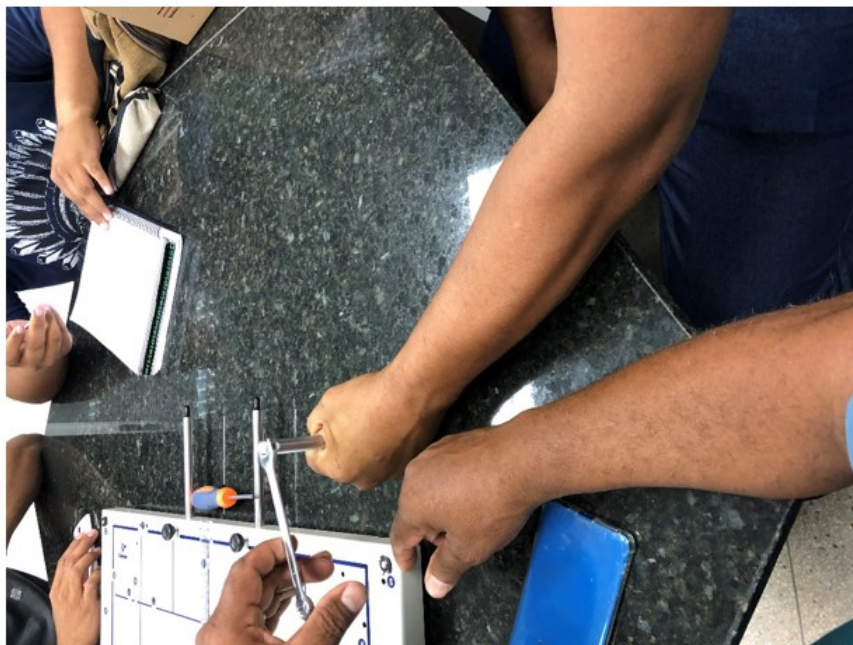


Figura 3.7 – Percepção do giro com aplicação da força afastada do ponto.

Fonte: Elaboração própria (2021).

À medida que aplicava as forças, ele perguntava ao colega se a força aplicada era transmitida com mais ou menos esforço para o extensor não gerar momento de uma força ou torque, dando, assim, aos estudantes a percepção do ponto de vista do giro para quem está segurando o extensor e a relação, mais uma vez, entre o ponto de aplicação da força e braço.

Depois que todos os integrantes do grupo fizeram a mesma atividade, ao final, discutiram quais as conclusões que poderiam tirar da atividade, que serão apresentadas na análise de dados deste trabalho.

O parafuso sextavado, com uma chave inglesa, convenientemente apertado, pressionando em três pontos diferentes: extremidade, meio e próximo ao ponto de giro (ver Figuras 3.8, 3.9 e 3.10).



Figura 3.8 – Aplicação de força na extremidade da chave.
Fonte: Elaboração própria (2021).



Figura 3.9 – Aplicação de força no meio da chave.
Fonte: Elaboração própria (2021).



Figura 3.10 – Aplicação de força próximo ao parafuso.
Fonte: Elaboração própria (2021).

Finalizando as atividades das relações entre força e distância na bancada 3, foi feita a simulação de uma situação real no cotidiano. A tarefa consistia em retirar um parafuso sextavado, conforme dito anteriormente, imprimindo o máximo de força em cada ponto, na tentativa de soltá-lo. Mais uma vez, uma atividade para reforçar a relação entre as grandezas força e distância, porém, agora, em uma situação real.

Apesar das repetições das atividades citadas, o papel mediador da frequência ainda não está totalmente claro para Ausubel. Ele nos diz que:

[...] a frequência não é uma condição necessária nem suficiente para a aprendizagem significativa, uma vez que tal aprendizagem pode ocorrer inequivocamente sem repetição, em determinadas condições. Não obstante, a frequência é uma variável essencial e importante em situações típicas de aprendizagem significativa, especialmente quando esta é difícil, quando se pretende a superaprendizagem ou uma retenção prolongada e quando é necessário transferibilidade. Além disso, a frequência possui, aparentemente, vários efeitos distintos sobre a aprendizagem e a retenção acima delineadas, que não se ficam por um simples fornecimento de uma oportunidade para os efeitos subliminares acumulados (tais como continuidade, reforço, redução de impulso, confirmação cognitiva, etc.) influenciarem o processo e o resultado da aprendizagem e da retenção significativas (e em especial das por memorização) (AUSUBEL, 2008, p. 16).

Assim, devido à confusão relacionada à grandeza força referente ao esforço feita pelos estudantes, o processo de repetição foi necessário para que o mal-entendido fosse desfeito e o novo material introduzido ficasse mais claro.

Apesar de alguns estudantes serem capazes de soltar o parafuso, os que conseguiram realizar a tarefa puderam concluir que, para que a tarefa fosse possível com o menor esforço, era necessário aplicar uma força maior na maior distância possível.

Após a conclusão dos trabalhos de todos os grupos, abriu-se espaço para que cada grupo expusesse suas conclusões e discutissem os pontos comuns em cada bancada. Foram recolhidas todas as anotações para avaliações futuras.

Na última bancada, tínhamos “cachimbos” (assim chamados pelos estudantes) de uma chave de catraca, conforme se pode ver na Figura 3.11.



Figura 3.11 – Cachimbos de chave de catraca.
Fonte: Elaboração própria (2021).

Todos os cachimbos possuíam massas diferentes e os estudantes tinham de colocá-los sobre uma régua, apoiada em seu centro de massa, de tal forma que as distâncias dos cachimbos em relação ao centro da régua mantivessem o sistema em equilíbrio. Após atingir o ponto de equilíbrio, os estudantes deveriam anotar as distâncias dos cachimbos em relação ao centro comparando suas massas, conforme mostra a Figura 3.12.

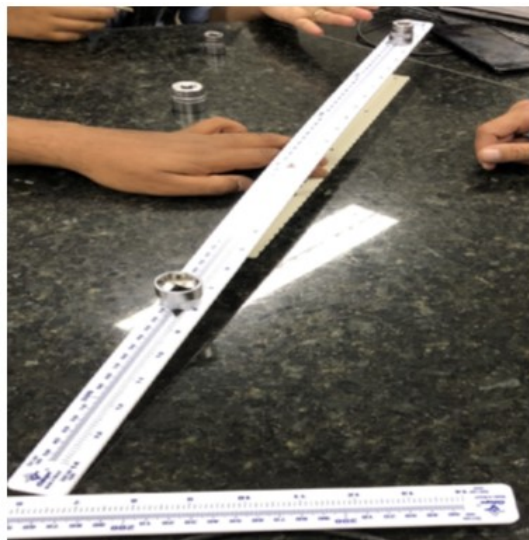


Figura 3.12 – Posição de equilíbrio dos cachimbos.
Fonte: Elaboração própria (2021).

Ao finalizarem as atividades propostas, os estudantes discutiram suas observações e anotações para chegar a uma conclusão em relação às distâncias e às massas para o sistema ficar em equilíbrio.

Essa atividade foi pensada para a introdução de um novo material para a aula seguinte; trata-se de um organizador expositivo, pois, apesar de os estudantes saberem que a força resultante em um ponto material manterá um corpo em equilíbrio, nunca viram essa condição em um corpo extenso.

3º encontro: antes do início das atividades na plataforma PhET, o professor apresentou os conceitos e a equação de momento de uma força e as condições de equilíbrios envolvidas. De acordo com Ferreira et al. (2021), a explicação do professor pode estabelecer relações entre as simulações com os conceitos e as relações matemáticas, chamada de reconciliação integrativa. Depois das explicações, os estudantes foram levados ao laboratório de informática para que, individualmente, fizessem simulações no PhET, conforme plano de aula (Apêndice E). No PhET, há três simulações interativas: introdução, laboratório de equilíbrio e jogo, com acesso no link movimento/balançando, que descreve situações que demonstram equilíbrio e giro (Figura 3.13).



Figura 3.13 – Simulações interativas.
Fonte: Plataforma PhET, 2019.

Cada estudante seguiu o roteiro (Apêndice F) proposto pelo professor e fez suas anotações de forma individual.

Na primeira etapa, situação 1, a atividade consistia em colocar os objetos de massas diferentes em posições equidistantes ao ponto de giro; assim, o estudante associaria o torque ao peso do objeto. Já na situação 2, os objetos foram afastados de tal forma que o de menor massa girava no sentido do solo. Dessa forma, conforme visto em atividades anteriores, percebe-se que o sentido do giro (ou torque) não depende apenas da força. Por fim, a situação 3 pedia que os estudantes colocassem os objetos em posições nas quais o sistema ficaria em equilíbrio de rotação. A atividade teve como objetivo verificar se, individualmente, o estudante conseguiu assimilar os materiais apresentados nos encontros

anteriores e, portanto, gerar novos subsunçores mais estáveis, relacionando as grandezas força e distância de forma coerente para situações que gerem toque.

Após essa atividade, os estudantes fizeram, no PhET, o laboratório de equilíbrio, uma tarefa que exigia mais raciocínio, aumentando, gradativamente, o nível de compreensão do conteúdo. Para Ausubel, fica mais fácil o estudante organizar seus subsunçores em tópicos sequenciados de forma hierárquica. Desse modo, os estudantes tinham de realizar cálculos em duas situações de equilíbrio, associando as grandezas força e distância em condições de equilíbrio e relacionando-as à equação apresentada por meio de cálculos, reconciliando as diferenças e as semelhanças de cada conceito.

Por fim, foi realizado o jogo, com simulações envolvendo seis situações de dificuldades gradativas, o qual foi a avaliação individual de cada estudante. Essa avaliação é de caráter somativo, na qual, a cada situação, o estudante tem de tomar uma decisão em relação ao problema apresentado. Para cada acerto na primeira tentativa, o estudante ganha 2 pontos. Caso erre, poderá tentar novamente, mas a pontuação será de 1 ponto. Se errar novamente, será dada a resposta para continuar jogando. Não é adequado que a avaliação da aprendizagem significativa seja apenas somativa. Nas etapas de introdução e de laboratório de equilíbrio, as anotações dos estudantes são consideradas como avaliação formativa. É importante que a avaliação seja recursiva (aproveitando o erro), possibilitando que o estudante refaça as tarefas de aprendizagem.

4º encontro: o professor retomou as discussões da atividade do PhET e fez a apresentação da grandeza física momento de uma força por meio do vídeo “Máquinas simples e alavancas”, disponível no YouTube (Máquinas, 2021), conforme plano de aula apresentado (Apêndice G). O vídeo retoma a relação entre força e distância em relação ao ponto de giro, até demonstrar a equação de momento de uma força, consolidando a grandeza. A consolidação é importante antes da introdução de um novo material desde que esse feedback se dê de forma sequencialmente organizada. O vídeo apresentado converge com o que foi feito em cada encontro, culminando na apresentação da equação de momento de uma força. Segundo Ausubel (2003, p. 31):

Este princípio também se aplica aos tipos de aprendizagem intratarefas, nos quais cada tarefa componente (bem como conjuntos integrais de matérias) tem tendência a ser composta por conteúdo e a manifestar uma organização interna própria.

Após breves comentários sobre o vídeo e as semelhanças das atividades, ocorreu a aula expositiva, ancorada em subsunçores gerados pelos debates anteriores. Foram apre-

sentadas e discutidas situações-problema e a equação de momento de uma força, finalizando com aplicações do conceito de momento no cálculo de estruturas, iniciando com problemas simples, aplicados por meio de uma lista de exercícios (Apêndice H), aumentando, gradativamente, o grau de dificuldade dos exercícios. Apesar de ser uma aula expositiva com uso de lista de exercícios, um processo de ensino tradicional, é necessário considerar que, nos encontros anteriores, foi verificada a existência de subsunçores adequados, aliados à predisposição dos estudantes a aprenderem. A lista pode se tornar um material potencialmente significativo, com a mediação do professor no decorrer de sua resolução, de maneira individual ou com um grande grupo. A respeito disso, evocamos as palavras de Moreira (2018, p. 78):

Abandono do ensino tradicional, centrado no professor “dando a matéria”, em favor de um ensino centrado no estudante, na aprendizagem ativa e significativa, na qual os estudantes trabalham em pequenos grupos com a mediação do professor que os ajuda a aplicar conceitos e procedimentos físicos em situações que lhes façam sentido. Isso não exclui que em determinados momentos o professor faça breves apresentações e explicações ao grande grupo.

Após a finalização da lista de exercícios, o professor a recolheu para análise dos resultados.

5º encontro: foi feita uma avaliação de todos os encontros, não só do conteúdo foco desta pesquisa, tais como as relações entre força e distância ou as condições de equilíbrio do momento de uma força, mas também a avaliação da própria UEPS. Foram apresentadas aos estudantes as avaliações individuais, as participações e respostas nas discussões do grande grupo, a satisfação do estudante quanto ao método, que foram anotadas pelo professor durante todos os encontros para que fosse possível fazer a sondagem de indícios de aprendizagem significativa. Os quadros a seguir serão divididos em duas partes para melhor organização do trabalho. O quadro 2 apresenta a estrutura da aula; já o 3 resume o referencial teórico e a proposta de avaliação.

Aula	Tópico	Objetivos	Duração
1º encontro	Vantagem mecânica e a relação entre força e distância	Identificar situações no cotidiano em que se obtêm vantagens mecânicas e refletir sobre as relações existentes entre a aplicação da força e o ponto de giro.	2 aulas de 45 min cada
2º encontro	Proporcionalidade entre força e distância para gerar torque.	Fazer uma relação de proporcionalidade entre a força e a distância em relação ao ponto de aplicação da força com ferramentas de uso cotidiano.	2 aulas de 45 min cada
3º encontro	Simulações envolvendo equilíbrio e momento de uma força	Apresentar a equação de momento de uma força e relacioná-la a várias simulações na plataforma PHET em condições de equilíbrio ou para gerar torque.	2 aulas de 45 min cada
4º encontro	Revisão do conteúdo e resolução de exercícios envolvendo momento de uma força	Verificar a estabilidade dos subsunçores dos estudantes.	2 aulas de 45 min cada
5ª encontro	Avaliação da UEPS	Verificar o interesse pela matéria e pela metodologia utilizada para ensiná-la.	2 aulas de 45 min cada

Fonte: Elaboração própria (2021).

Quadro 2: Tópicos, objetivos e duração de cada aula do produto educacional.

Aula	Referencial	Avaliação	Duração
1º encontro	Sondagem por meio de perguntas e respostas em busca de subsunçores que envolvam o material a ser ensinado, um texto introdutório como organizador prévio comparativo para ligar novos conhecimentos aos subsunçores e roteiro usado como organizador expositivo para fazer uma ponte entre o conhecimento prévio e o novo material.	Participação dos estudantes com perguntas e respostas, evidenciando diferenciação progressiva no decorrer da aula, apresentação das conclusões do grupo colaborativo indicando interesse pela matéria e mudança conceitual no estudante na aquisição de novos conhecimentos.	2 aulas de 45 min cada
2º encontro	Por meio de roteiro utilizado como organizador prévio comparativo para o estudante diferenciar o que já sabe com o que precisa saber, considerando não relacionar a intensidade da aplicação da força com a distância em relação ao ponto de giro. Dessa forma, o novo conhecimento interage com o subsunçor integrando para ocorrer assimilação	Participação dos estudantes com perguntas e respostas evidenciando diferenciação progressiva no decorrer da aula, apresentação das conclusões do grupo colaborativo indicando interesse pela matéria e anotações nas intervenções do professor nos pequenos grupos em busca da integração do novo conhecimento para verificação da ocorrência da assimilação.	2 aulas de 45 min cada
3º encontro	Aula expositiva começando com conceitos mais gerais e gradualmente para conceitos mais específicos para apresentar relação matemática de torque, integrando conceitos e fazendo superordenação. Após esta etapa, recebem um roteiro para simulações de maneira individual para o processo de assimilação e avaliação na última etapa.	Perguntas na aula para indicar a ocorrência de reconciliação integradora. Índícios de aprendizagem significativa podem ser apresentados nas respostas do roteiro entregue e na avaliação feita pelo próprio simulador. Essa simulação avaliativa é recursiva, dando a possibilidade do estudante refazer caso ocorra erro.	2 aulas de 45 min cada
4º encontro	Vídeo para organização sequencial e da consolidação facilitando a aprendizagem significativa e lista de exercícios com dificuldade progressiva de situações problemas.	Perguntas e intervenções dos estudantes durante a apresentação do vídeo indicam reconciliação integradora e os indícios da aprendizagem significativa podem ser colhidos nas respostas das questões.	2 aulas de 45 min cada
5ª encontro	Avaliação da UEPS – avaliação da metodologia utilizada e a busca de indícios de aprendizagem significativa.	Comentários dos estudantes indicam interesse pela matéria e as respostas sobre os encontros com a mediação do professor indicam diferenciação progressiva e assimilação.	2 aulas de 45 min cada

Quadro 3: Referencial e proposta de avaliação de cada aula do produto educacional.
Fonte: Elaboração própria (2021).

Para a avaliação em cada aula, foi utilizada a escala contida em Ferreira et al. (2021, p. 11), que desenvolve rubricas de aprendizagem conforme a TAS de Ausubel, assim estabelecidas:

N1. Questões deixadas em branco.

N2. Respostas em desacordo com a matéria de ensino. Os estudantes não demonstram qualquer indício de aprendizagem significativa acerca do tópico abordado.

N3. Respostas que demonstram entendimento precário da matéria de ensino. Os estudantes demonstram indícios de aprendizagem mecânica ou de confusão entre os conceitos abordados, mas não há indícios de aprendizagem significativa.

N4. Respostas que demonstram entendimento intermediário da matéria de ensino. Os estudantes demonstram indícios de aprendizagem significativa ao expor entendimento das relações entre os fenômenos, porém ainda não conseguem expressá-las de forma completa.

N5. Respostas que demonstram entendimento adequado da matéria de ensino. Os estudantes demonstram indícios de aprendizagem significativa e conseguem expor suas ideias de forma adequada.

O desenho didático desenvolvido requereu uma adequada abordagem epistemológica, histórica, conceitual e formal do conceito de momento de uma força, conforme passamos a descrever a seguir.

Capítulo 4

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS E CONCEITUAIS ACERCA DO MOMENTO DE UMA FORÇA

4.1 Contexto histórico e de suas aplicações na educação básica

“Dê-me um ponto de apoio e moverei a Terra”. Essa célebre frase foi dita pelo filósofo, inventor e pensador Arquimedes, nascido na cidade de Siracusa, em 287 a.C., cujo falecimento foi em 212 a.C. (ASSIS, 2008, p. 16).

A frase em questão teria sido dita por Arquimedes ao rei Hierão, quando este solicitou ao filósofo a tarefa de lançar um navio ao mar apenas com as forças das mãos. Arquimedes teria dito ao rei que, para determinada força, qualquer corpo poderia ser movido (ASSIS, 2008, p. 17).

Hierão ficou admirado e lhe solicitou que demonstrasse isto com uma experiência real, mostrando um grande peso sendo movido por uma pequena máquina. De acordo com este desejo Arquimedes tomou um dos navios de carga da frota do rei, o qual não podia ser retirado das docas exceto com grande esforço e empregando muitos homens. Além disso, carregou o navio com muitos passageiros e com carga total. Sentando-se distante do navio, sem fazer esforço, mas apenas segurando uma polia em suas mãos e movendo as cordas lentamente, moveu o navio em linha reta, de maneira tão suave e uniforme como se o navio estivesse no mar (PLUTARCO, apud ASSIS, 2008, p. 17).

E acrescenta, conforme a citação, que, se tivéssemos outra Terra, indo para ela,

poderíamos mover nossa Terra. Exageros à parte, a frase nos remete a uma situação que envolve vantagem mecânica. Tais vantagens são adquiridas por meio da construção de máquinas simples que facilitam a realização de atividades cotidianas, trocando força por distância (ou o contrário). Essas máquinas podem ser planos inclinados, sistema de roldanas, eixos e alavancas, propiciando um ganho de força ou de distância produzida pela máquina.

A propósito, destaca-se que o objetivo deste trabalho são as relações que envolvem força e distância, ou seja, conceitos que envolvem torque. Sobre essa relação, Assis (2008, p. 122) fez algumas considerações de postulados que remetem a Arquimedes, a saber: “Todo corpo, suspenso por qualquer ponto, assume um estado de equilíbrio quando o ponto de suspensão e o centro de gravidade do corpo estão ao longo de uma mesma linha vertical; pois esta proposição já foi demonstrada.” E, ainda, em uma de suas proposições, em seu trabalho Sobre o Equilíbrio dos Planos, afirma que “Grandezas comensuráveis se equilibram em distâncias inversamente proporcionais a seus pesos” (ASSIS, 2008, p. 170).

Assim, a relação entre força e distância e a construção de máquinas simples para diminuição do esforço são conhecidas por milhares de anos e aplicadas em nosso cotidiano seja de maneira empírica, seja com a formalização do conhecimento. Esta última consideração será demonstrada por estudos acadêmicos na sequência desta dissertação.

Conforme já mencionado, não foram encontrados trabalhos que abordassem momento de uma força, aprendizagem significativa e educação para jovens e adultos (tampouco foi citado o Proeja). Entretanto, quando se trata de aprendizagem significativa aplicada ou de práticas aplicadas ao Ensino Médio, temos vários periódicos que envolvem torque dentro do próprio MNPEF. Podemos citar alguns:

- A dissertação de Andrade (2018) discute cenas de filmes que mostram situações de fenômenos físicos, entre algumas delas, as que envolviam estática do corpo extenso. Foi aplicada a teoria de aprendizagem de Ausubel na perspectiva da Tecnologia de Informação e Comunicação;
- Dissertação de Andrade (2015) discute a aplicação do momento de uma força no corpo humano a estudantes do Ensino Médio. Apesar de empregar experimentação por meio da didática pedagógica histórico-crítica para relacionar os conceitos, Andrade cita, em alguns momentos, a importância de se aprender de maneira significativa. Em seus encontros, foram discutidos, em primeiro lugar, os conceitos que envolvem o momento para depois introduzir matérias do cotidiano. Foi usada uma

pesquisa exploratória descritiva em seu trabalho;

- monografia de Schuler (2016) faz algumas experiências no Ensino Médio envolvendo rotações dos corpos, utilizando como referencial teórico a Teoria de Aprendizagem Significativa e, como teoria da Educação, Peer Instruction – Instrução pelos Colegas (IpC);
- trabalho de Silva et al. (2016) traz a mesma problemática da aplicação de momento de uma força apresentada neste trabalho. Apesar de a abordagem metodológica ter sido diferente, o público do EJA apresentou problemas semelhantes aos enfrentados pelo Proeja. Nesse trabalho, foram utilizados materiais concretos e mostrados aos estudantes na forma de desafio para, então, o professor ligar ao conceito de momento de uma força. Não houve nenhum referencial teórico atrelado ao trabalho, apenas a relação entre a aplicação prática e a teórica com mediação pelo professor;
- no artigo de Carvalho e Veiga (2015), foram utilizados softwares educacionais para aplicação da torção no curso de Engenharia, na disciplina Resistência dos Materiais. Essa disciplina foi convertida em Física Aplicada pelo colegiado dos professores do curso técnico em Edificações do IFB ao ver a necessidade de os estudantes terem noções básicas de Física Aplicada - disciplina que era ministrada por este autor, que assumiu a nova componente de Física. A informática foi usada como ferramenta no processo de ensino e aprendizagem, e o software GeoGebra, como material potencialmente significativo; uma ferramenta importante da teoria de Ausubel.

Os trabalhos citados anteriormente mostram certa variedade de abordagens acerca do momento de uma força, com metodologias diversificadas, públicos diversos, diferentes teorias e aplicações, mas todos com os mesmos objetivos: aproximar o que é visto em sala de aula do cotidiano do estudante.

Apesar de o conceito de momento de uma força estar vinculado a várias situações do nosso cotidiano e a muitas áreas do conhecimento, tais quais: Engenharia, Astronomia, robótica e até mesmo ao empírico daqueles que não possuem conhecimento formal, encontram-se poucos estudos aplicados à sala de aula, em comparação a outras áreas da Física. Afinal, o que é momento de uma força?

4.1.1 Momento de uma Força

Em várias situações-problema, este autor precisou usar momento de uma força ou torque para poder solucionar certos contratempos da vida cotidiana. Lembro-me de quando fui ao parque com minha filha, Maria Clara, atualmente com 07 anos, e ela quis brincar de gangorra... Situação desconfortável, pois eu não poderia sentar do outro lado do brinquedo em virtude de minha massa ser quatro vezes maior do que a dela à época, de modo que ela ficaria de “castigo” no ponto mais alto do brinquedo. Assim, fiz uma proposta de irmos a outro lugar. Há um parquinho no Centro Cultural do Banco do Brasil (CCBB), em Brasília, cujo “braço” da gangorra é móvel. Dessa forma, pude fazer uma relação entre a minha distância em relação ao ponto de giro e a dela, relacionada às nossas massas, passando uma tarde agradável.

Em outra situação, chamei um técnico para resolver o problema do meu portão de entrada. Um portão grande de ipê, de massa em torno de 300 kg, o qual vinha quebrando rotineiramente. O diagnóstico foi que o portão era muito “pesado” para ser rotacionado pelo motor; logo, teríamos de trocar o portão. Chamei minha filha Maria Clara, destravei os “braços” do motor e pedi para minha filha fechar o portão, e ela, sem esforço algum, o fechou. Resultado: o técnico foi embora e eu mesmo resolvi o problema.

O que essas duas situações têm em comum? As grandezas força e distância envolvidas estão relacionadas a um ponto de giro, gerando uma nova grandeza, a qual é chamada de torque ou de momento de uma força, que podemos definir como a tendência de giro que um corpo extenso apresenta ao se aplicar uma força nesse corpo.

Hewitt (2011) descreve torque como a contrapartida da força rotacional, isto é, caso queira mudar o estado de velocidade de movimento de um corpo, aplique uma força resultante diferente de zero. Contudo, caso queira mudar o estado rotacional de um corpo, exerça sobre ele um torque. Para Hewitt, torque difere a força da mesma maneira que a inércia rotacional se diferencia da inércia ordinária e ambas envolvem a distância ao eixo de rotação. Essa distância, designado braço de alavanca, é que nos dá a vantagem mecânica.

Segundo Halliday et al. (1996), torque significa “torcer”, identificado pela ação de uma força para torcer ou virar algo. Ao aplicarmos uma força em uma chave de boca na intenção de girá-la, estamos aplicando um torque. E, por fim, Olavo e Amato (2013) descrevem que, em situações mais gerais, considerando as dimensões geométricas do corpo, ao se aplicar uma força, esse corpo poderá não só sofrer movimento de translação, mas também de rotação. No caso de um bastão preso em uma de suas extremidades, ao aplicar

uma força, o bastão gira em torno desse ponto fixo. A relação entre a força e a distância do ponto de aplicação dessa força ao ponto de giro define uma nova grandeza – torque. E, ainda, uma vez que a rotação pode ocorrer de duas formas distintas (sentido horário ou anti-horário), a grandeza possui propriedades vetoriais, já que está associada a uma direção e a um sentido. Por conseguinte, daqui para frente representaremos a grandeza torque de forma vetorial e pela letra $\vec{\tau}$ (tau). Além disso, por ser uma grandeza vetorial devemos definir intensidade, direção e sentido.

A intensidade do torque é dada pelo produto vetorial:

$$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d} \quad (4.1)$$

onde:

$|\vec{\tau}|$ é a intensidade do torque;

Direção: perpendicular ao plano de tangência de rotação.

Sentido: dado pela regra da mão direita.

Assim, o produto vetorial pode ser definido da seguinte forma: dados os vetores \vec{A} e \vec{B} , cujo produto vetorial é dado por $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$, em conformidade com a figura a seguir:

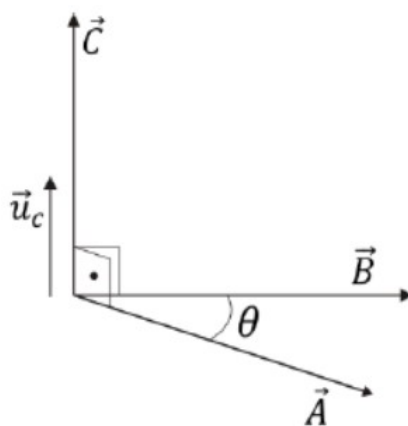


Figura 4.1 – Produto vetorial.

Fonte: Adaptado de Scremin (2021, p. 1).

O vetor \vec{C} é perpendicular ao plano definido pelos vetores \vec{A} e \vec{B} e sua intensidade:

$|\vec{C}| = |\vec{A}||\vec{B}| \cdot \text{sen}\theta$, em que θ é o ângulo formado entre os vetores $|\vec{A}|$ e $|\vec{B}|$.

Logo, para $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$, temos que a intensidade do torque é dada pela equação:

$$|\vec{\tau}| = |\vec{F}||\vec{d}| \cdot \text{sen}\theta \quad (4.2)$$

Considerando que, para o Ensino Médio, temos que a direção da força \vec{F} é sempre

perpendicular ao braço da alavanca \vec{d} , então:

$$|\vec{\tau}| = |\vec{F}||\vec{d}| \quad (4.3)$$

Dessa forma, ao falarmos de torque no Ensino Médio, precisamos considerar que a força será sempre perpendicular ao braço da alavanca. Mas caso não seja? A resposta é simples: decomposmos a força ou o braço.

Em Halliday et al. (1996), para determinar a eficiência da força F na rotação de um corpo, podemos decompor em duas componentes: a força F ou o braço da alavanca r (Figura 4.2).

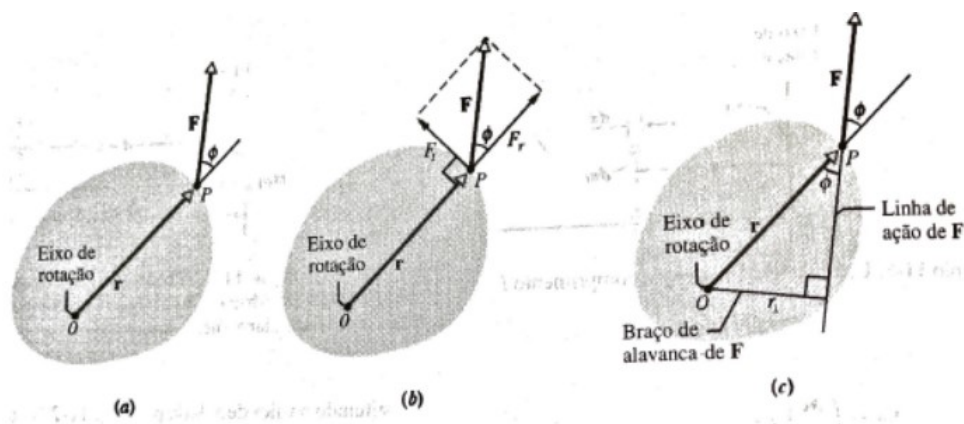


Figura 4.2 – A seção transversal de um corpo rígido.
 Fonte: Halliday et al, 1996.

Como podemos ver na Figura 4.2, em (a) temos uma força aplicada formando um ângulo θ com a direção do braço. Em (b), a força é decomposta em F_r e F_t ; dessa forma, é fácil perceber que a componente F_r não provoca torque, já que está na mesma direção do braço, ou seja, radial. Então, seria como querer tirar um parafuso empurrando a chave de boca no sentido do parafuso sem que a chave girasse. Já a componente F_t , perpendicular ao braço, produz um torque gerado pela força de intensidade $F = F_t \text{sen} \phi$.

Em (c), a decomposição está relacionada ao braço da alavanca de tal forma que uma de suas componentes fique perpendicular à linha de extensão da força. Assim, as duas maneiras de calcular torque são:

$$\tau = (r)(F \text{sen} \phi) = rT_t \quad (4.4)$$

$$\tau = (r \text{sen} \phi)(F) = r_{\perp} T_t \quad (4.5)$$

Na equação 4.4, a componente tangencial F_t produz uma rotação, sendo que a possibilidade de girar não estará associada apenas a seu módulo, mas também à distância em relação ao ponto O da Figura 4.2 (b). Na equação 4.5, em que r_{\perp} é perpendicular entre o eixo O e a linha de extensão da força F (Figura 4.2 (c)), podemos perceber que, pela ação da força F , o torque também poderá acontecer.

Assim, ficam bem definidas as características da intensidade e da direção da grandeza momento de uma força. Todavia, conforme afirmado anteriormente, podemos definir dois sentidos e, para fazê-lo, utilizamos a regra da mão direita.

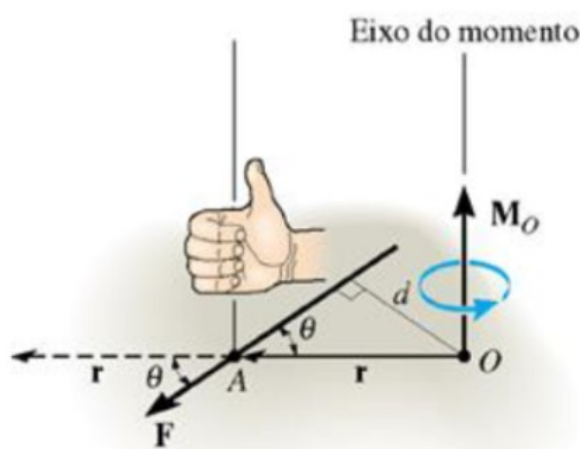


Figura 4.3 – Regra da mão direita.
Fonte: Borja, 2021, p.6.

O sentido do torque é determinado pela regra da mão direita em um produto vetorial do vetor resultante perpendicular ao plano dos vetores envolvidos. Dessa maneira, o torque é perpendicular à força F e ao braço r , mas podendo dar dois sentidos. A Figura 6.3 mostra que o sentido do torque poderá ser encontrado com o polegar apontado na direção do torque, passando pelo ponto O, e deslizando os dedos no sentido de \vec{r} para \vec{F} . Então, a curva em torno do vetor torque indica o sentido da rotação causado pela força. Uma vez que o produto vetorial importa a ordem, ou seja, não se aplica à propriedade comutativa, deve ser mantida a ordem de $\vec{r} \times \vec{F}$ para produzir o sentido da direção correta do torque.

Definidas todas as características do vetor que representa a grandeza torque, podemos, agora, discutir alguns aspectos do equilíbrio de corpos. Ao perguntar em uma turma de Ensino Médio, e já fiz isso algumas vezes, se aplicarmos forças de mesma intensidade, mesma direção e com sentidos opostos em um corpo, se esse corpo ficará em equilíbrio, é quase uníssono que a turma responderá sim. Tal fato se dá em virtude de os estudantes não considerarem a condição de movimento de rotação, mas apenas o de translação.

Dessa forma, consideramos a primeira lei de Newton – Princípio de Inércia – “Na ausência de forças atuando sobre um corpo, se estiver em repouso, continuará em repouso, mas, se ele estiver em movimento com velocidade constante¹, continuará assim indefinidamente”, ou, ainda segundo Halliday et al (1996, p. 82):

Se a força resultante em um corpo é nula, é possível encontrar referenciais nos quais aquele corpo não tenha aceleração. A primeira Lei de Newton também conhecida como Lei da Inércia e os referenciais que ela define são chamados de referenciais inerciais.

Dessa forma, vamos lembrar da pergunta de um estudante em sala: “professor, o corpo está em movimento ou repouso?” A resposta é sempre a mesma – “depende do referencial!” Ou seja, não podemos tratar das leis de Newton, sem antes adotar um referencial inercial. Podemos adotar a Terra de maneira aproximada como sendo um referencial inercial, fazendo sempre essa aproximação, quando possível (HALLIDAY et al, 1996).

A Segunda Lei de Newton pode ser obtida pela observação e experiência (se desconsideramos as condições vetoriais), ou seja, se aplicarmos um sistema de forças $\sum F$ em um corpo de massa “pequena”, ele sofrerá uma determinada alteração do seu estado de velocidade em um determinado intervalo de tempo, e se aplicarmos a mesma resultante das forças $\sum F$ em outro corpo de maior massa, para um mesmo intervalo de tempo, a variação no seu estado de velocidade será menor. Parece óbvio chegar a esta conclusão, se não tivéssemos que levar em conta o movimento circular (não é objetivo deste trabalho). Assim, podemos descrever a Segunda Lei de Newton conforme equação a seguir:

$$\sum \vec{F}_x = m \cdot \vec{a}_x, \sum \vec{F}_y = m \cdot \vec{a}_y, \sum \vec{F}_z = m \cdot \vec{a}_z \quad (4.6)$$

As equações acima tratam da força resultante, ou seja, somente as forças que atuam no corpo podem ser consideradas; em problemas envolvendo forças, várias forças podem estar atuando em outros corpos, logo estas devem ser desconsideradas. Finalmente, $\sum F$ serão consideradas somente forças externas, ou seja, forças que atuam sobre o corpo por outros corpos (HALLIDAY et al, 1996).

A equação (4.6) trata da condição do corpo variar seu estado de velocidade em relação a um referencial inercial, mas, conforme dito anteriormente se um sistema de forças atuar em um corpo e ele não variar seu estado de velocidade? Neste caso, podemos escrever as equações:

¹Lembrando que a velocidade é uma grandeza vetorial, logo se a velocidade é constante todas as características do vetor também serão, logo este corpo ou partícula estará em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).

$$\sum \vec{F}_x = \vec{0}, \sum \vec{F}_y = \vec{0}, \sum \vec{F}_z = \vec{0}, \quad (4.7)$$

retornando retornando, dessa forma, para condições de equilíbrio, Primeira Lei de Newton.

Por essa via, para considerar um corpo em equilíbrio, devemos levar em conta suas condições geométricas. Assim, analisemos a condição que se segue.

Equilíbrio dos corpos rígidos em duas dimensões: considere um corpo rígido submetido a um sistema de forças externas e, mesmo nessa situação, esse corpo se mantém em equilíbrio, ou seja, não haverá movimento de translação ou rotação imprimida por este sistema de forças. Para Duran (2019), o sistema de forças é equivalente à força e ao binário resultante F e τ . A equação (4.7) demonstra que o sistema força-binário é equivalente ao sistema de forças externas serem nulas.

Destaca-se que, para cada força externa, existe uma força interna como reação, considerando que o corpo rígido não se quebre, ou seja, não haja separação entre as partículas pertencentes ao corpo, essas forças se equilibram.

Considerando que o sistema não seja completamente rígido, ou seja, em uma de suas dimensões haja movimento por parte desse corpo, deverá ser adotado um referencial cartesiano em quaisquer uma de suas dimensões x_1 , x_2 e x_3 , gerando um novo sistema de equações a seguir:

$$\begin{array}{ccc} \sum F_{x_1} = 0 & \sum F_{x_2} = 0 & \sum F_{x_3} = 0 \\ \sum M_{x_1} = 0 & \sum M_{x_2} = 0 & \sum M_{x_3} = 0 \end{array}$$

Figura 4.4 – Sistema de equações para um corpo não rígido.

Fonte: adaptado de Duran (2019), p. 66.

Considerando forças na direção x_3 , os momentos x_1 e x_2 derivam de identidades triviais, ou seja, $0 = 0$, reduzindo para as três equações abaixo.

$$\sum F_{x_1} = 0 \quad \sum F_{x_2} = 0 \quad \sum M_o = 0$$

Figura 4.5 – Sistema de equações para um corpo não rígido em um plano.

Fonte: adaptado de Duran (2019), p. 66.

Na situação acima apresentada, o momento tende a girar em torno do eixo x_3 , sabendo que o ponto de aplicação da força pode ser em qualquer ponto desse corpo, as equações são independentes entre si. Para problemas planos, as equações de equilíbrio podem ser calculadas com, no máximo, três incógnitas.

No curso técnico em edificações os sistemas estruturais são constituídos de diversos elementos estruturais dos quais, para o curso técnico, os que importam para o cálculo de estruturas 1 são as barras e vigas. As vigas de balanço, por exemplo, são vigas apoiadas em um único ponto, no qual seu centro de massa pode estar em qualquer ponto em relação a este ponto de apoio, gerando uma tendência ao giro. Por isso a importância da compreensão dos conceitos de momento de uma força para essa disciplina.

Apesar do rigor conceitual envolvendo o momento de uma força e as condições de equilíbrio, apresentados anteriormente, após conversas com os professores técnicos na área de edificações, considerando os objetivos da formação empreendida e as tipificação dos estudantes, que supostamente possuiriam conhecimentos prévios em decomposição de vetores e das relações angulares, ficou pactuado não haver necessidade contundente de aprofundamento da abordagem naquela altura do curso. Entretanto, em sua continuidade, para a realização de cálculos estruturais propriamente, o conhecimento prévio dos conceitos relativos a momento de uma força em condições bidimensionais e com aplicação da força perpendicular ao braço atenderia às necessidades da área, não sendo necessários outros desdobramentos. Assim, nos encontros, não foram realizadas situações que envolvessem decomposições de forças relativas ao braço, considerando, como dito, que estudantes possuiriam subsuncores relativos a esses conteúdos, ainda que não estáveis, em face de abordagens de física anteriores à etapa de aplicação desta pesquisa. A menção a essa contingência é importante, sobretudo, para que tal análise seja empreendida no público de eventual reaplicação da proposta didática aqui relatada, buscando-se garantir as condições mínimas de sua execução em premissas cognitivas análogas.

As aplicações mais comuns nesse contexto são as barras ou vigas de apoio, nessas situações é importante fazer uma análise das cargas postas sobre essas barras para que as forças de reações nos pontos de apoio possam ser calculadas em função da tendência do torque gerado. Assim, os cálculos voltados para essas situações são vistos na disciplina de física aplicada, para os alunos que estejam cursando no módulo seguinte, a disciplina de cálculos estruturais 1, seus subsuncores relativos ao momento de uma força aplicado em estruturas estejam clarificados e estáveis.

Capítulo 5

RESULTADOS E ANÁLISES DA APLICAÇÃO EDUCACIONAL

Para a compreensão de momento de uma força, eram necessários alguns conhecimentos básicos que antecediam a aplicação do novo material: vetores, as leis de Newton e as condições de equilíbrio de um ponto material. Esses conteúdos foram dados antes do início da aplicação de projeto, conforme dito anteriormente, pelo próprio autor deste trabalho. Foi necessário analisar se esses conceitos estariam previamente na estrutura cognitiva dos estudantes e se tinham noções, mesmo que de maneira empírica, de situações que envolviam vantagens mecânicas.

No primeiro encontro, foram feitas sondagens das situações acima supracitadas para verificação dos subsunçores necessários para se ensinar momento de uma força ou torque. Em um momento inicial, foram observadas abordagens de situações que envolviam vantagens mecânicas, tais quais: subir um carrinho de pedreiro por uma rampa, segurar um carrinho de pedreiro carregado com sacos de cimento, puxar balde de cimento por meio de roldanas, cortar papelão com tesoura, amassar batata com espremedor, etc. Os estudantes demonstraram que tais situações estavam associadas à diminuição de esforço, mas não sabiam o porquê de cada uma delas. Dessa forma, foi necessário que relacionassem força e distância (braço de uma força).

Foi usado, como organizador prévio comparativo, o texto Alavancas (anexo 1), para dar estabilidade e clareza aos subsunçores. Foi percebido que, após a leitura do texto, os estudantes entenderam que força e distância estavam associadas e que, para realizar uma mesma tarefa, poderiam aplicar intensidades de forças diferentes dependendo da distância de aplicação da força. No entanto, não estava óbvio como se dava a relação entre as duas

grandezas, pois alguns deles responderam que, mesmo aproximando o ponto de aplicação da força, seria necessário aumentar a intensidade dessa força para realizar a tarefa e obter vantagem mecânica. Dessa maneira, foi feito o levantamento das situações relacionadas ao aumento ou diminuição de distância com a aplicação da força que está expressa no gráfico, a seguir.

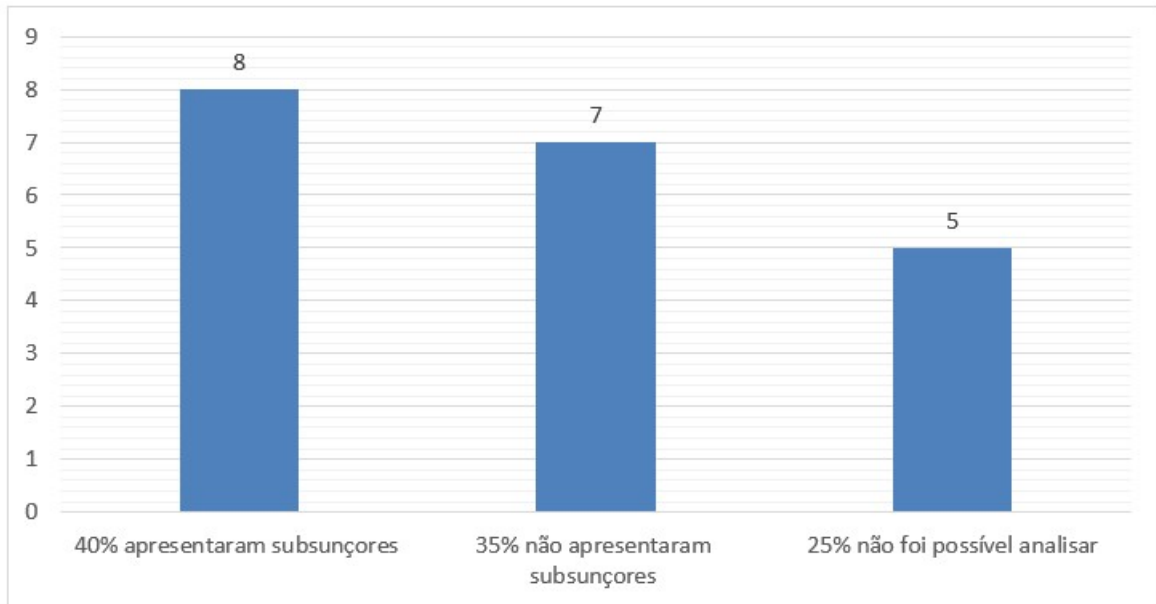


Figura 5.1 – Número de estudantes x subsunçores
Fonte: Elaboração própria (2021)

Assim, ficou claro que, apesar de estar explícito no texto que o aumento da distância representa uma diminuição da intensidade da força, essa relação não era estabilizada na maioria dos estudantes, demonstrando que, para estes, a vantagem mecânica estaria associada apenas ao aumento da intensidade da força. Por certo, se viu necessário que em um próximo encontro se estabelecesse essa relação.

Em um segundo momento, ainda do primeiro encontro, foi utilizada uma atividade em grupos colaborativos para verificar situações que estavam associadas ao torque, que podiam obter vantagens mecânicas, mas em que se requeria representar a grandeza força, nos pontos de aplicação dessas forças, por meio de vetores, isso se fez necessário para sondar os subsunçores relacionados às condições de equilíbrio e reforçar a relação entre força e distância. Os esboços a seguir ilustram as atividades de cada grupo conforme roteiro entregue pelo professor (apêndice B).

Conforme especificado anteriormente, os estudantes foram divididos em grupos, dessa forma, foram feitas, pelo professor, anotações individuais quando a discussão ocorreu no pequeno grupo, e anotações gerais na apresentação do trabalho para o grande grupo.

Os esboços estão apresentados a seguir.

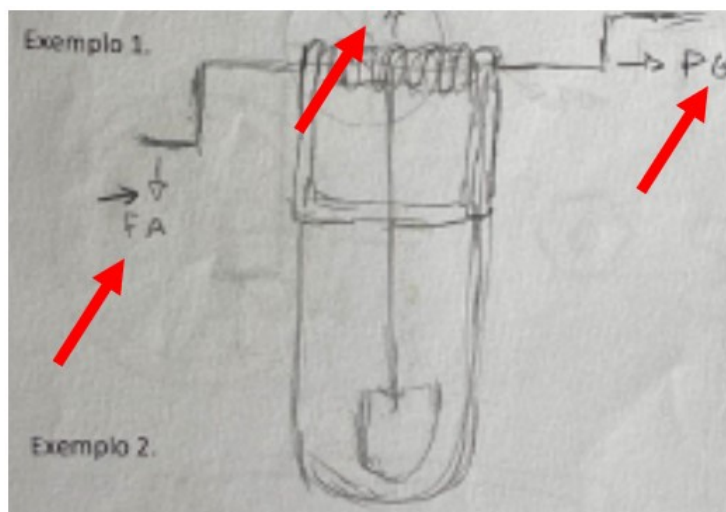


Figura 5.2 – Esboço 1 – Vantagem mecânica. Grupo 1.
Fonte: Elaborado pelos estudantes – Roteiro 1º encontro.

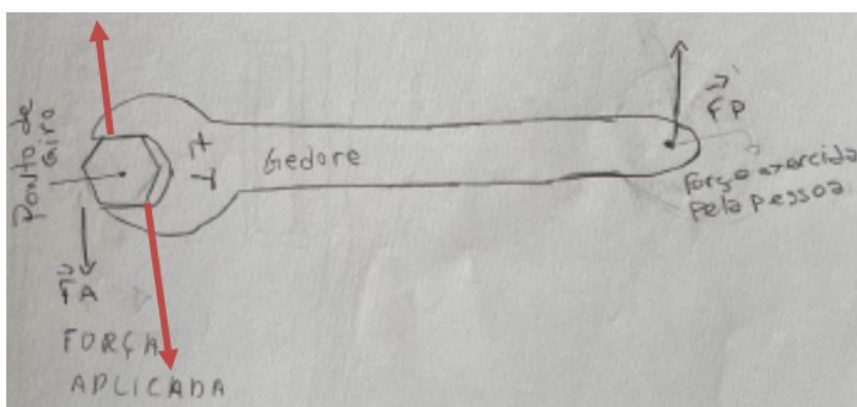


Figura 5.3 – Esboço 2 – Vantagem mecânica. Grupo 1.
Fonte: Elaborado pelos estudantes – Roteiro 1º encontro.

Nos dois esboços elaborados pelo grupo 1, ficam evidentes que os estudantes possuem os subsunçores associados a vantagem mecânica. Mas, no pequeno grupo, a dúvida se a força aumentava ou diminuía com sua aproximação ao ponto de giro foi muito discutida, ficando certo que essa relação não estava clara na estrutura cognitiva de alguns estudantes do grupo¹. Já na apresentação para o grande grupo, o estudante que representou o grupo afirmou que independente da distância nas duas situações apresentadas, a força aumentaria, deixando mais uma vez claro que essa relação não estava presente como subsunçor.

Pelos esboços feitos, percebemos também que os vetores que representam as forças externas aplicadas não estão representados de maneira correta, mostrando que as

¹Confirmado pelo gráfico 1.

condições de equilíbrio relacionadas a aplicação das forças também precisavam ser reforçadas em um próximo encontro. É muito comum perceber, na experiência deste autor, a confusão entre força resultante e par de ação e reação, ou seja, para muitos estudantes a representação de forças em um par de ação e reação é uma condição de equilíbrio.

As setas em vermelho (figura 5.3) indicam, as forças de reação do parafuso sobre a chave, a força F_A mostrada na figura não deixa claro o ponto de aplicação da força, então foi questionado pelo professor, e eles responderam que era no parafuso (porca), apesar da força ter a direção e sentido corretos², mesmo assim, na explicação do pequeno grupo não conseguiram justificar o porquê da direção e sentido de F_A , nem mesmo pelos outros estudantes, quando feito a apresentação do grande grupo.

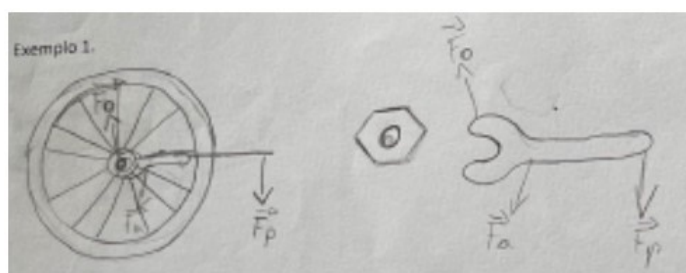


Figura 5.4 – Esboço 3 – Vantagem mecânica. Grupo 2.
Fonte: Elaborado pelos estudantes – Roteiro 1º encontro.

O grupo 2 apresentou duas situações: o giro da roda e a chave inglesa. No giro da roda, não conseguiram indicar as forças por meio dos vetores, mesmo com a mediação do professor questionando o que aconteceria se houvesse variação no tamanho da roda, isso se justifica, pois os estudantes não veem movimento circular no curso, considerando que a física aplicada é uma disciplina propedêutica em técnico em edificações. Mas no esboço da chave inglesa a força F_A deixa palpável, mais uma vez, as condições de equilíbrio relativas às aplicações das forças. No caso da relação entre força e distância o grupo ficou dividido e na apresentação ao grande grupo os estudantes do pequeno grupo colocaram suas posições participando da apresentação.

²Não foi percebido que teria outra força formando um binário, mas isso, não foi levado em consideração, pois era sabido já que esse material ainda não tinha sido apresentado pelo professor.

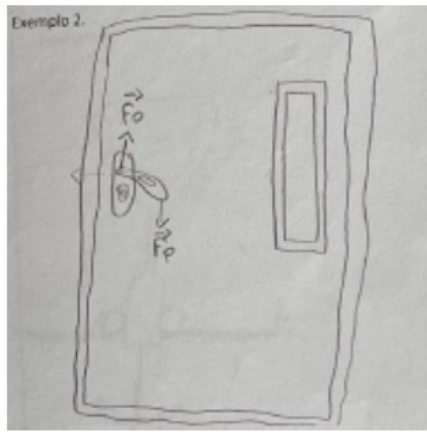


Figura 5.5 – Esboço 4 – Vantagem mecânica. Grupo 3
 Fonte: Elaborado pelos estudantes – Roteiro 1º encontro.

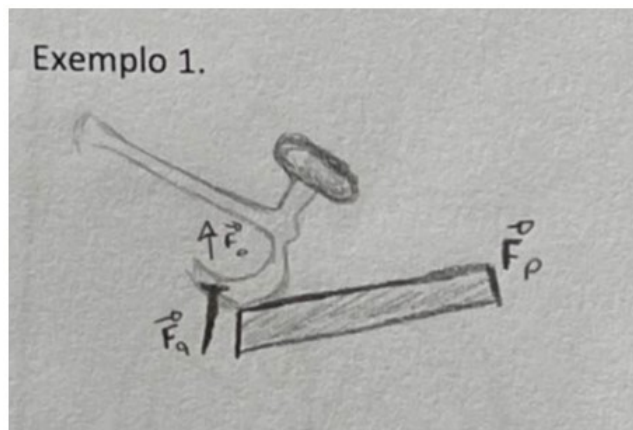


Figura 5.6 – Esboço 5 – Vantagem mecânica. Grupo 3
 Fonte: Elaborado pelos estudantes – Roteiro 1º encontro.

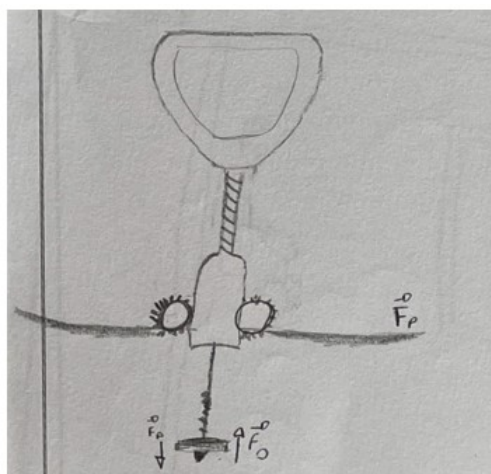


Figura 5.7 – Esboço 6 – Vantagem mecânica. Grupo 4.
 Fonte: Elaborado pelos estudantes – Roteiro 1º encontro.

Por fim, ficou claro que o subsunçor de vantagem mecânica era estável na estrutura cognitiva dos estudantes, mas como não houve diferenças entre as dúvidas e as falhas,

tanto na representação das forças, quanto na relação entre força e distância, comprovada pelo gráfico 1, não se fez necessário a análise dos outros esboços acima apresentados. Dessa forma, o próximo encontro deverá evidenciar essas relações, que são de suma importância na compreensão do cálculo de momento de uma força – força x distância, e ainda as condições de equilíbrio envolvendo forças. No segundo encontro, como supracitado, foi usado o laboratório com materiais e ferramentas de uso diário pelos estudantes. A turma foi dividida em 4 grupos de cinco integrantes³, para realização de 4 atividades que serão listadas a seguir.

As perguntas não foram colocadas no roteiro⁴, mas feitas pelo professor, para que pudesse acompanhar as respostas de cada grupo à medida que mudavam de atividades. Para a avaliação dessa atividade utilizamos a escala abaixo, proposta por Ferreira et al (2021, p. 11), que estabelece rubricas conforme a teoria de Ausubel, e assim fazer uma análise das respostas dadas por cada grupo, de acordo com os níveis seguintes:

Nível 1 – N1. Questões deixadas em branco.

Nível 2 – N2. Respostas em desacordo com a matéria de ensino. Os estudantes não demonstram qualquer indício de aprendizagem significativa acerca do tópico abordado.

Nível 3 – N3. Respostas que demonstram entendimento precário da matéria de ensino. Os estudantes demonstram indícios de aprendizagem mecânica ou de confusão entre os conceitos abordados, mas não há indícios de aprendizagem significativa.

Nível 4 – N4. Respostas que demonstram entendimento intermediário da matéria de ensino. Os estudantes demonstram indícios de aprendizagem significativa ao expor entendimento das relações entre os fenômenos, porém ainda não conseguem expressá-las de forma completa.

Nível 5 – N5. Respostas que demonstram entendimento adequado da matéria de ensino. Os estudantes demonstram indícios de aprendizagem significativa e conseguem expor suas ideias de forma adequada.

As tabelas seguintes relacionam o grupo ao nível de resposta para cada atividade de cada encontro.

³mas dois grupos ficaram com 4 estudantes cada, em virtude de faltas, um número baixo considerando o público da EJA, isso dá indícios do interesse pela aula e a proposta aplicada.

⁴O roteiro não pode ser entregue em virtude de defeito na impressora no dia da aula, dessa forma, o roteiro foi projetado e os estudantes responderam em uma folha de caderno.

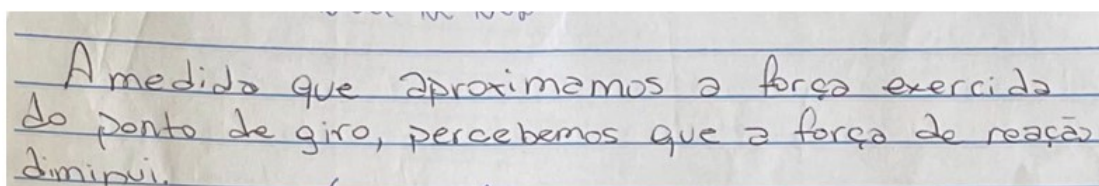
5.1 Atividade 1: aplicação de força em cada ponto de um alicate com mola.

Pergunta – À medida que aproximamos a aplicação da força do ponto de giro, o que vai ocorrer com a intensidade da força?

Grupo	Nível
1	N2
2	N5
3	N5
4	N1

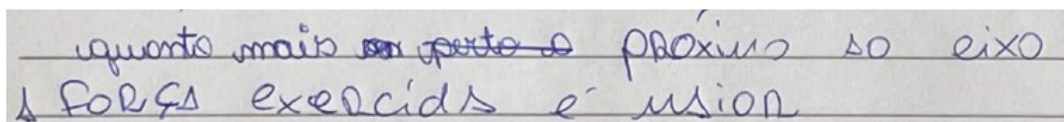
Tabela 5.1: Nível de resposta dada pelos grupos na atividade 1
Fonte: elaboração própria (2021).

Os dados mostram que dois grupos, 2 e 3, mostram indícios de aprendizagem significativa, considerando as respostas avaliadas como N5, o grupo 4 deixou as anotações em branco e no grupo 1 não houve quaisquer indícios de aprendizagem significativa, de acordo com o registro avaliado como N2 feito na folha de caderno. Mas o interessante foi que ao serem avaliados pelo professor, nos grupos, todos apresentavam respostas avaliadas como N5, tanto na discussão do pequeno grupo, como na apresentação para o grande grupo. Dessa forma, para o grupo 4, em virtude de não ter um roteiro impresso podem ter deixado de apresentar a folha com a resposta da atividade 1, e no grupo 1, pode ter sido um erro de transcrição. Mas mantereí as respostas registradas como mostradas a seguir:



À medida que aproximamos a força exercida do ponto de giro, percebemos que a força de reação diminui.

Figura 5.8 – Grupo 1 – Resposta N2 para pergunta da atividade 1.
Fonte: registro das aulas.



quanto mais se aproxima do eixo a força exercida e maior

Figura 5.9 – Grupo 2 – Resposta N5 para pergunta da atividade 1.
Fonte: registro das aulas.

Figura 5.10 – Grupo 3 – Resposta N5 para pergunta da atividade 1.
Fonte: registro das aulas.

5.2 Atividade 2: Aplicação da força para tirar um parafuso

Pergunta – À medida que aproximamos a aplicação da força do parafuso, o que vai ocorrer com a intensidade da força?

Grupo	Nível
1	N5
2	N4
3	N5
4	N5

Tabela 5.2: Tabela 2: nível de resposta dada pelos grupos na atividade 2
Fonte: elaboração própria (2021).

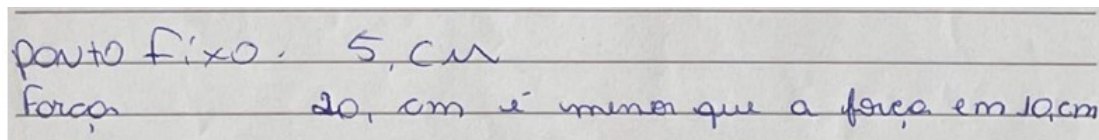
Em todos os grupos as respostas trazem indícios de aprendizagem significativa, apesar do grupo ter dado uma resposta avaliada como N4 em virtude de não conseguirem expressar de maneira clara, mas o percebe-se a relação de grandezas inversamente proporcionais na resposta.

Figura 5.11 – Grupo 1 – Resposta N5 para pergunta da atividade 2.
Fonte: registro das aulas.

O grupo 1 apresentou indícios de aprendizagem significativa e expressou de forma correta a situação.

Figura 5.12 – Grupo 2 – Resposta N4 para pergunta da atividade 2.
Fonte: registro das aulas.

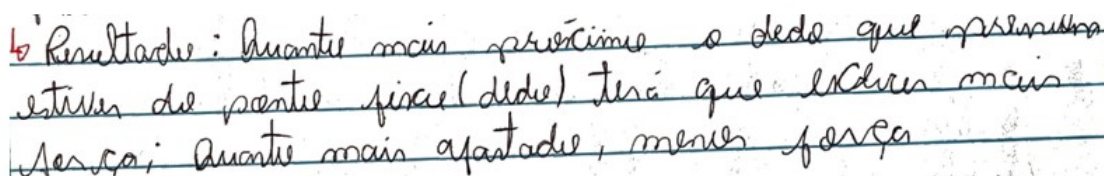
Apesar de não conseguir expressar a resposta avaliada como N4 o grupo apresentou indícios de aprendizagem significativa.



ponto fixo. 5, cm
força 20, cm é menor que a força em 10, cm

Figura 5.13 – Grupo 3 – Resposta N5 para pergunta da atividade 2.
Fonte: registro das aulas

O grupo usou uma régua para medir as distancias dos pontos de aplicação das forças, mostrando pró atividade, e apresentou indícios de aprendizagem significativa com a resposta avaliada em N5.



Resultado: Quanto mais próximo o dedo que preserva estiver do ponto fixo (dedo) terá que exercer mais força; Quanto mais afastado, menos força

Figura 5.14 – Figura 31. Grupo 4 – Resposta N5 para pergunta da atividade 2.
Fonte: registro das aulas.

Finalizando a atividade 2, o grupo também apresentou indícios de aprendizagem significativa.

5.3 Atividade 3: aplicação de força por uma chave inglesa em um parafuso extensor segurado pelo estudante.

Pergunta – À medida que aproximamos o ponto de aplicação da força do ponto de giro, o que vai ocorrer com a intensidade da força para quem está aplicando a força na chave inglesa? E para quem está segurando o parafuso?

Nessa atividade era para avaliar a intensidade da força na perspectiva da força aplicada sobre chave e na perspectiva da força exercida sobre o parafuso.

A proposta não ficou clara para os alunos, considerando as questões em branco e respostas que não evidenciavam qual a perspectiva.

Grupo	Nível
1	N1
2	N3
3	N1
4	N3

Tabela 5.3: Nível de resposta dada pelos grupos na atividade 3
Fonte: elaboração própria (2021).

Essa situação pode ter acontecido por um erro no organizador prévio utilizado, como a pergunta dependia do ponto de percepção, para que não houvesse dúvidas a atividade poderia ter sido dividida em duas partes com perguntas separadas. Uma para quem está aplicando a força e outra para quem está “recebendo”.

Grupo 1 deixou a resposta em branco.

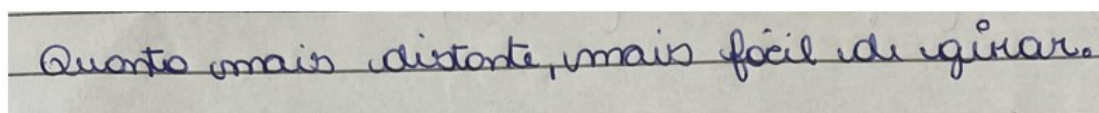


Figura 5.15 – Grupo 2 – Resposta N3 para pergunta da atividade 3.
Fonte: registro das aulas.

Não foi possível fazer a avaliação da aprendizagem considerando que não foi colocado de qual ponto de vista está sendo registrado a ação da força imprimida.

Grupo 3 em branco.

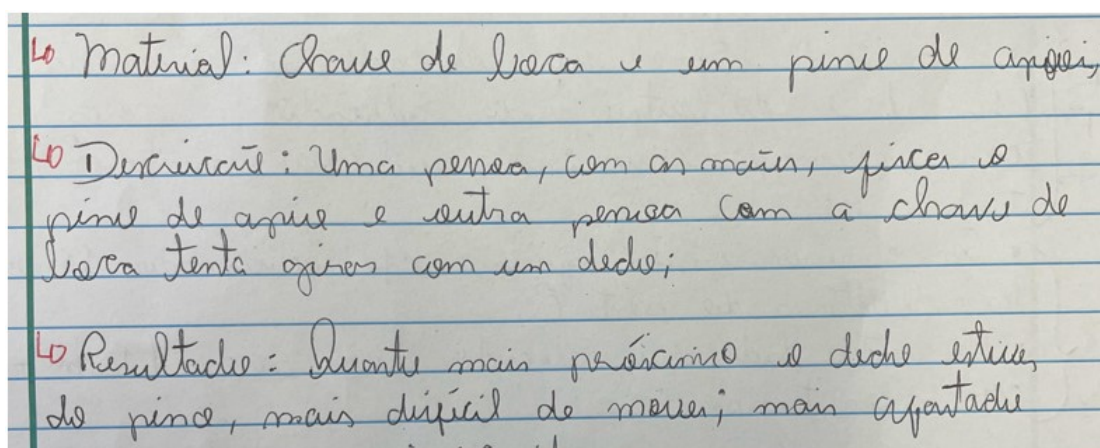


Figura 5.16 – Grupo 2 – Resposta N3 para pergunta da atividade 3.
Fonte: registro das aulas.

Novamente não possível fazer a avaliação de aprendizagem por não está evidenciado o ponto de vista da percepção da aplicação da força.

Nessa situação, quando o professor faz a pergunta diretamente para os envolvidos na situação, o estudante demonstra compreensão no material que está sendo apresentado,

apontando indícios de aprendizagem significativa.

Para finalizar as atividades o material apresentado está relacionado as condições de equilíbrio do um corpo extenso, ainda utilizando a relação entre distância e força. Esta atividade se fez necessária para a apresentação da equação de momento de uma força no próximo encontro, utilizando esse material como ponte para estabilizar e resgatar os conceitos de equilíbrio dado em aulas anteriores a este projeto ligando a conhecimentos instáveis na estrutura cognitiva do estudante, conforme já evidenciado anteriormente.

5.4 Atividade 4: distâncias dos cachimbos (massas diferentes) em relação ao ponto de giro de uma régua para manter o sistema em equilíbrio.

Pergunta – Qual a relação encontrada entre as massas estimadas e as distâncias ao ponto de giro?

Grupo	Nível
1	N5
2	N4
3	N2
4	N1

Tabela 5.4: Nível de resposta dada pelos grupos na atividade 4
Fonte: elaboração própria (2021).

Arramos o maior peso em 15cm, para a régua ficar em equilíbrio, o peso menor ficou a uma distância de 40cm do eixo, a medida que diminuímos a distância do peso menor do ponto de giro, o lado com o peso maior abaixa.

• Conclusão geral: Braço maior, menos força.

Figura 5.17 – Grupo 1 – Resposta N5 para pergunta da atividade 4.
Fonte: registro das aulas.

O grupo 1 apresentou aprendizagem significativa considerando a resposta avaliada em N5.

Cascimbo

O equilíbrio do ~~casimbo~~ ^{Cascimbo} 12 centímetros

O equilíbrio do ~~casimbo~~ ^{Cascimbo} 18 e 10 cm

Colocando o cascimbo 15 ao lado a 22 cm o cascimbo menor
pesa mais que o cascimbo 18 a 10 cm.

~~O cascimbo 18 a 15 tem 20 cm tem o mais~~

O cascimbo 18 e 15 no mesmo cm o 18 tem
o mais peso.

Figura 5.18 – Grupo 2 – Resposta N3 para pergunta da atividade 4.
Fonte: registro das aulas.

Apesar do grupo 3 apresentar resultados da relação coerentes com o que foi pedido, não conseguiram expressar a resposta esperada demonstrando confusão relacionada aos conceitos abordados.

peso maior 10 cm - peso ^{médio} menor 13,5 cm

peso maior 10 cm - peso menor 18,5 cm

peso maior 20 cm - peso ~~menor~~ ^{média} 23,5 cm

peso maior 20 cm - peso menor 33,5 cm

materiais = régua, cascimbos;

quanto ~~mais~~ mais perto do eixo o peso
maior, a força que ele exerce é maior

Figura 5.19 – Grupo 3 – Resposta N4 para pergunta da atividade 4.
Fonte: registro das aulas.

O grupo demonstrou compreensão da atividade apresentando indícios de aprendizagem significativa, mas não conseguiu expressar de maneira clara.

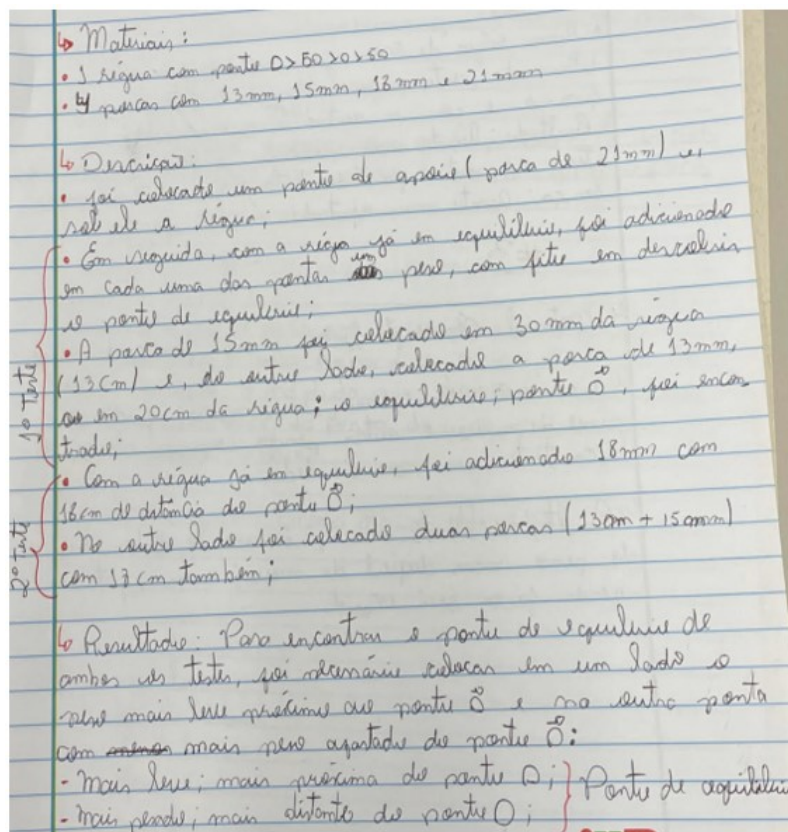


Figura 5.20 – Grupo 4 – Resposta N2 para pergunta da atividade
 Fonte: registro das aulas.

O grupo apresentou uma resposta oposta do que era esperado, não apresentou qualquer indício de aprendizagem significativa.

Na apresentação ao grande grupo as respostas foram lidas por um integrante do grupo e houve debate com os outros grupos mediados pelo professor, os pontos foram tomados um a um e as dúvidas esclarecidas à medida que eram questionadas pelos estudantes. O grupo 4 foi repetido novamente a atividade e perceberam que houve uma confusão em relação as estimativas das massas. É importante que a avaliação seja recursiva, ou seja, tenha possibilidade de ser repetida e ainda não poderíamos apresentar um novo material sem que o anterior não estivesse clarificado na estrutura cognitiva dos estudantes. O retorno do material de aprendizagem é um recurso importante na teoria de Ausubel, chamada de consolidação.

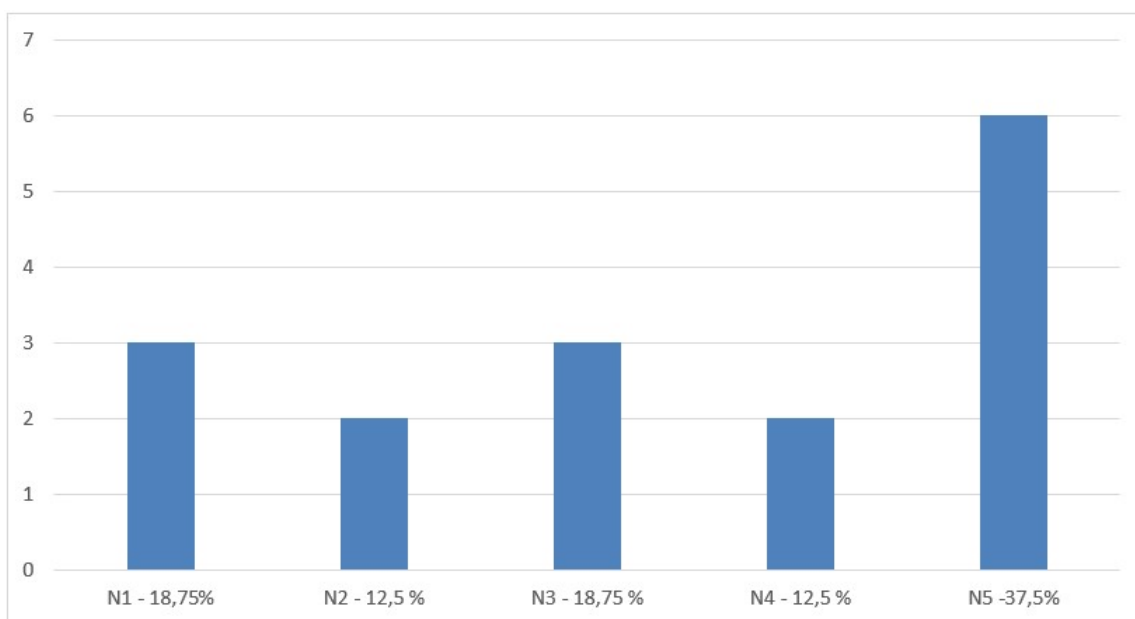


Figura 5.21 – Número de respostas x Nível
 Fonte: Elaboração própria (2021)

O gráfico acima apresenta de maneira global o número de respostas totais em função do nível de cada resposta, considerando que 50% dos estudantes deram respostas que apresentaram indícios de aprendizagem significativa (N4 e N5) de forma escrita, mas, na expressão oral, individualmente e na apresentação, conseguiram demonstrar que os conceitos assimilados foram evoluindo a cada atividade realizada. Podendo assim progredir para a apresentação da equação e a problematização do conceito de momento de uma força.

A atividade do 3º encontro foi feita no laboratório de informática, individualmente, mas antes de acessar o site da plataforma PHET foi dada uma aula expositiva e apresentada a equação de momento de uma força, para que a relação entre força e braço pudesse ser matematizada nas simulações feitas na plataforma.

Nesse momento os alunos identificaram as relações matemáticas com os encontros anteriores por meio de intervenções no decorrer da aula. O professor foi respondendo à medida que era solicitada e confirmando as manifestações quando feitas por conceitos corretos.

Conforme roteiro 4 (Apêndice D) apresentado aos alunos, as respostas dadas a seguir, serão separadas conforme as etapas:

- etapa 1 – simulação balançando, dividida em três situações.
- etapa 2 – laboratório de equilíbrio, dividida em duas situações.

- etapa 3 – jogo, uma avaliação somativa, mas recursiva.

Considerando que o problema da impressora ainda não tinha sido resolvido, foi dada folhas A4 para que os alunos respondessem e o roteiro foi projetado no quadro branco.

A primeira etapa – na simulação balançando – Introdução (Figura 5.22), foi feita para que o estudante descrevesse e justificasse uma situação problema apresentada, de cada vez. As situações foram retratadas de maneiras hierárquicas sempre relacionando a nova informação com uma ideia já existente.

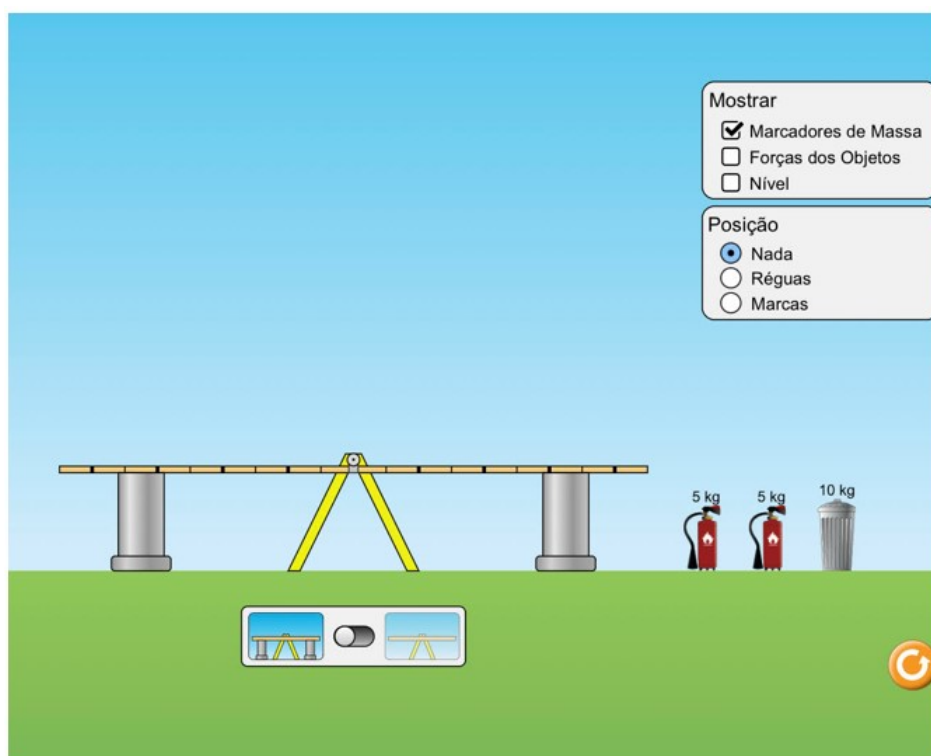


Figura 5.22 – Situação 1 – Phet – Introdução.
Fonte: Phet, 2019.

A tabela seguinte apresenta as respostas individuais avaliadas em níveis, conforme já citado anteriormente. O número de alunos que participou dessa atividade foi de 16 e apenas um deles não participou da atividade de laboratório.

5.5 Etapa 1 – Simulação Balançando – Situação 1

Situação 1 – Coloque o extintor 1 m à direita do ponto de giro e a lixeira à esquerda. Descreva o ocorrido e justifique.

Avaliação do Nível das respostas	Número de estudantes
N1	0
N2	1
N3	7
N4	0
N5	8

Tabela 5.5: Nível das respostas dos estudantes na Etapa 1 – situação 1.
Fonte: elaboração própria (2021).

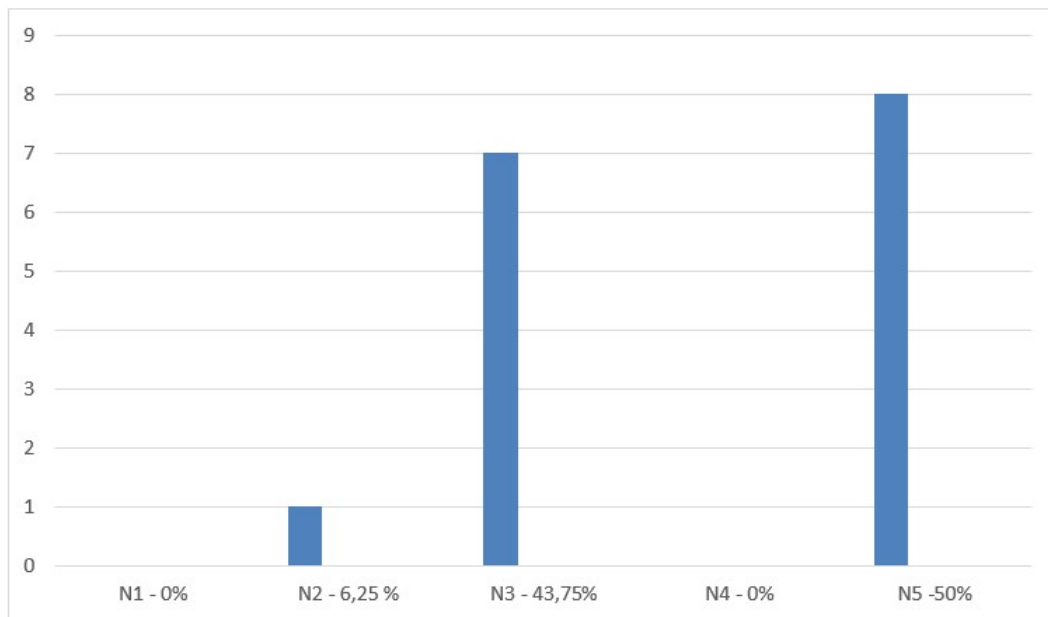


Figura 5.23 – Número de estudantes x Nível de respostas. Situação 1.
Fonte: elaboração própria (2021).

O gráfico apresenta indícios de aprendizagem significativa em 50% dos estudantes, respostas avaliadas em N5, aprendizagem mecânica em 43,75% e 6,25% não demonstrou aprendizagem. A seguir são mostradas as respostas de alguns estudantes. As figuras seguintes foram as respostas dos estudantes após fazerem as simulações e foram escolhidas considerando notas na simulação jogo: baixas, medianas e altas.

O extintor subiu e a lixeira desceu.
~~Situação 1~~
 Porque elas estão a mesma distancia e a lixeira tem 2 x o peso do extintor.

Figura 5.24 – Justificativa N5 para situação 1.
Fonte: registro das aulas.

Resposta avaliada como N5 considerando que relacionou tanto a força aplicada como a distância para justificar o torque.

O extintor subiu e o lixo desceu por conta do peso da lata de lixo.

Figura 5.25 – Justificativa N3 para situação 1.
Fonte: registro das aulas.

Resposta avaliada como N3, pois, não levou em consideração as distâncias envolvidas dando indícios de aprendizagem mecânica.

• Situação 1: lata de lixo desceu; Extintor subiu;
• ~~Situação 2~~: Justificativa: Os dois objetos tem massas diferentes e quando colocados sob uma balança na mesma distância (1m) a lixeira, por ter mais massa, acaba pressionando o extintor; lixeira desce, extintor sobe.

Figura 5.26 – Justificativa N5 para situação 1.
Fonte: registro das aulas.

Resposta avaliada como N5 considerando que relacionou tanto a força aplicada como a distância para justificar o torque.

O extintor subiu e a lixeira desceu.

Figura 5.27 – Justificativa N3 para situação 1.
Fonte: registro das aulas.

Resposta avaliada como N3, pois não levou em consideração as distâncias envolvidas e não justificou, levando em consideração apenas os pesos envolvidos, dando indícios de aprendizagem mecânica. Já a resposta seguinte não possui qualquer coerência com o conteúdo envolvido, logo, avaliada como N2.

11/03/2021 14:00 de Melo

Situação 1

Aliceira que estava na base ou seja regada de
 10 kg de água.

E o extintor subiu

Figura 5.28 – Justificativa N2 para situação 1.
 Fonte: registro das aulas.

5.6 Etapa 1 – Simulação Balançando – Situação 2

Situação 1 – Coloque a lixeira a 0,5 m do ponto de equilíbrio à direita e o extintor 2 m à esquerda. Descreva o ocorrido e justifique.

Avaliação do Nível das respostas	Número de estudantes
N1	0
N2	3
N3	3
N4	8
N5	1

Tabela 5.6: Nível das respostas dos estudantes na Etapa 1 – situação 2.
 Fonte: elaboração própria (2021).

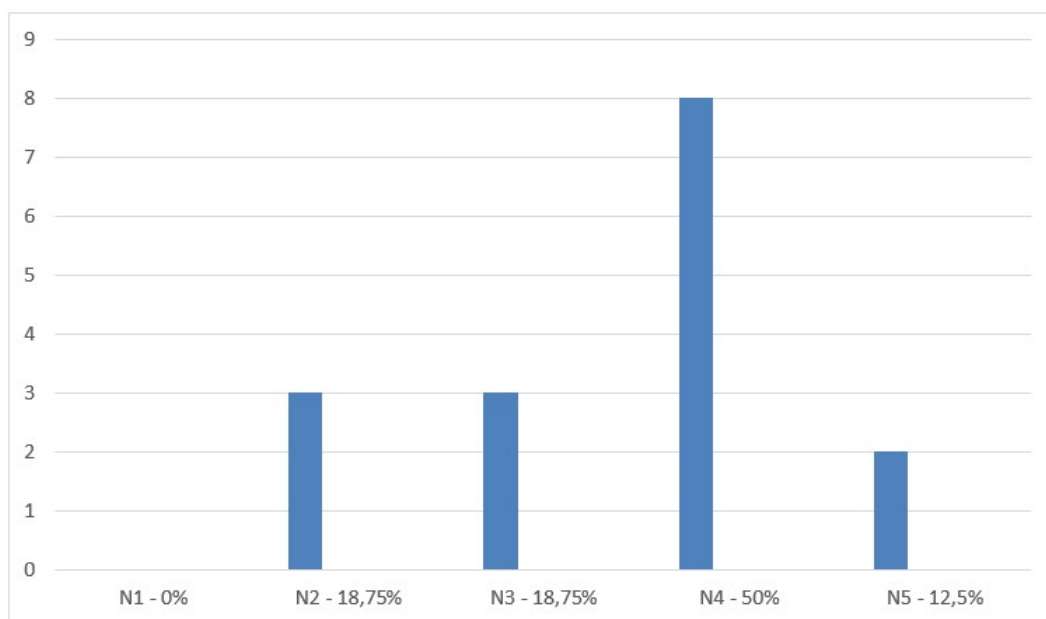


Figura 5.29 – Número de estudantes x Nível de respostas. Situação 2
Fonte: elaboração própria (2021).

Na situação 1 as distâncias eram iguais, logo teria que fazer somente uma análise dos pesos envolvidos, mas na situação 2 o peso maior foi colocado mais afastado, gerando assim um torque no sentido do menor peso. As respostas avaliadas ainda apresentam indícios de aprendizagem significativa, conforme ilustrado no gráfico acima. As figuras seguintes representam algumas respostas dos estudantes.

O lixo subiu e o extintor desceu pois o lixo está mais perto do centro e o extintor foi mais para o canto do outro lado.

Figura 5.30 – Justificativa N4 para situação 2.
Fonte: registro das aulas.

O estudante relaciona distância ao ponto de giro e a relação de força para que haja torque, resposta avaliada como N4, pois não conseguiu expressar de forma correta.

O extintor desceu e a lixeira subiu. Por mais que a lixeira seja mais pesada ~~do~~ que o extintor, isso aconteceu porque ela estava mais próxima do ponto de giro.

Figura 5.31 – Justificativa N5 para situação 2
Fonte: registro das aulas.

O estudante relacionou força e braço de maneira correta dando indícios de aprendizagem significativa, resposta avaliada como N5.

COM O LIXO A 0,5 e O EXTINTOR A 2m O EXTINTOR DESCEU
SO LIXO SUBIU, ISSO OCORRIDA POR CONTA DO AUMENTO
DA DISTANCIA DO PONTO DE GIRO DO EXTINTOR

Figura 5.32 – Justificativa N5 para situação 2
Fonte: registro das aulas.

O estudante relacionou força e braço de maneira correta dando indícios de aprendizagem significativa, resposta avaliada como N5.

O extintor teve mais força do que a lixeira.

Figura 5.33 – Justificativa N2 para situação 3
Fonte: registro das aulas.

O estudante não demonstrou entender da situação nem dos conceitos envolvidos, resposta avaliada como N2.

2ª Situação: O extintor na maior distância tem o maior
peso que a ~~lix~~ lixeira em menor distância.

Figura 5.34 – Justificativa N3 para situação 3.
Fonte: registro das aulas.

Demonstra que sabe a existência da relação entre força e distância, mas faz confusão entre as grandezas. Resposta avaliada com N3.

5.7 Etapa 1 – Simulação Balançando – Situação 3

Situação 1 – Coloque a lixeira a 0,75 m do ponto de equilíbrio e o extintor 1,5 m do lado oposto. Descreva o ocorrido e justifique.

Avaliação do Nível das respostas	Número de estudantes
N1	0
N2	3
N3	3
N4	8
N5	1

Tabela 5.7: Nível das respostas dos estudantes na Etapa 1 – situação 3.
Fonte: elaboração própria (2021).

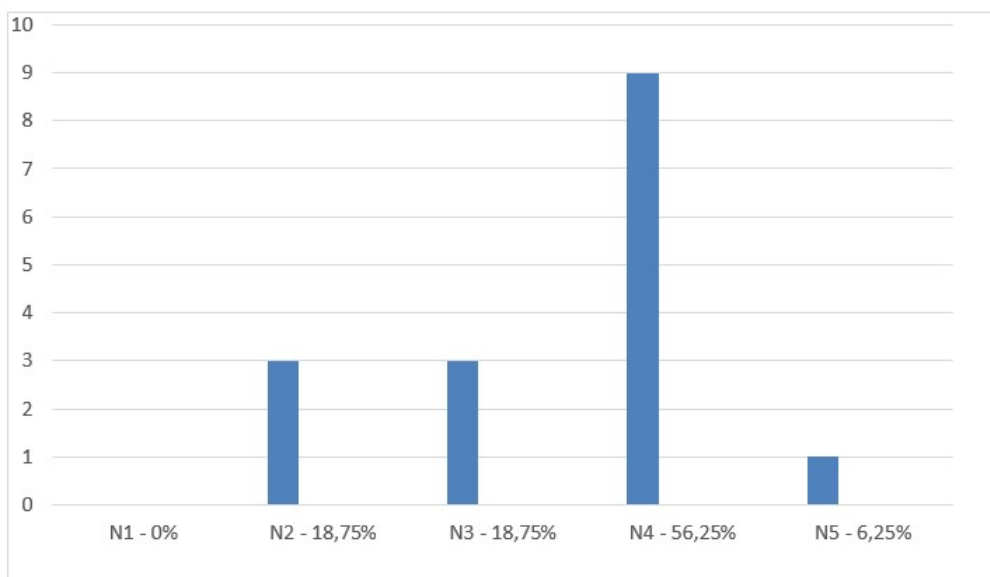


Figura 5.35 – Número de estudantes x Nível de respostas. Situação 3.
Fonte: elaboração própria (2021).

O gráfico apresenta que o subsunçor de equilíbrio de um corpo extenso está estável na estrutura cognitiva dos estudantes de acordo com o nível avaliado pelo professor, demonstrando que a maior parte dos estudantes têm indícios de aprendizagem significativa. As figuras a seguir mostram algumas respostas dadas pelos estudantes.

~~~~~  
 Ficaram em equilíbrio, pois, apesar dos pesos serem diferentes eles estão em medidas diferentes, o livro está mais próximo do ponto de giro.

**Figura 5.36 –** Justificativa N4 para situação 3  
Fonte: registro das aulas.

A resposta avaliada como N4 considerando que relacionou a condição de equilíbrio com as grandezas distância e força, mas não foi expressa a relação de proporcionalidade.

SITUAÇÃO 3: CHEGOU AO PONTO DE EQUILÍBRIO. O PESO MAIOR ESTÁ PRÓXIMO DO EIXO, O MENOR PESO ESTÁ MAIS DISTANTE.

**Figura 5.37** – Justificativa N4 para situação 3.  
Fonte: registro das aulas.

Situação parecida com a anterior, a resposta avaliada como N4 considerando que relacionou a condição de equilíbrio com as grandezas distância e força, mas não foi expressa a relação de proporcionalidade.

*Vixo estas perto do eixo mais força  
o extintor estar mais distante do eixo a força menor*

**Figura 5.38** – Justificativa N3 para situação 3.  
Fonte: registro das aulas.

O estudante demonstra que existe uma relação entre força e distância, mas confunde os conceitos envolvidos dando indícios de aprendizagem mecânica.

SITUAÇÃO ③  
Peso igual. mesmo o extintor estando  
mais longe do eixo

**Figura 5.39** – Justificativa N2 para situação 3  
Fonte: registro das aulas.

Resposta em desacordo com a material apresentado, considerando que os pesos são diferentes, não demonstra nenhum indício de aprendizagem significativa, resposta avaliada como N2.

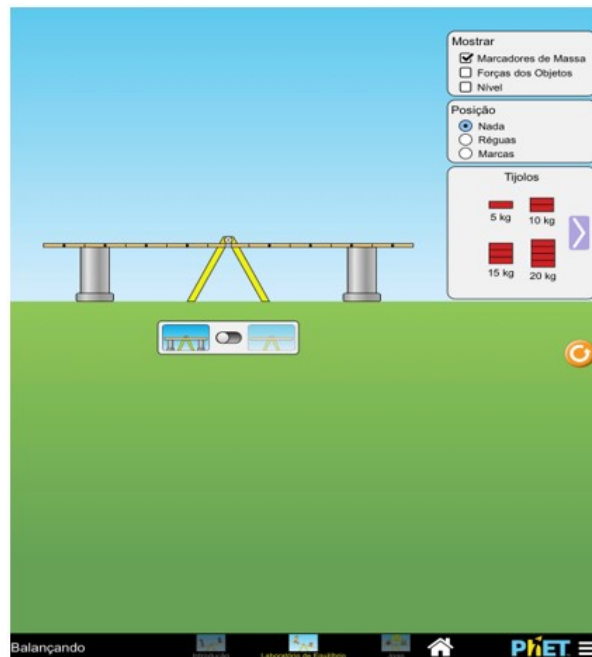
*Os objetos ficaram em equilíbrio, pois a lixeira temo dobro do peso e esta na metade da distancia do extintor.*

**Figura 5.40** – Justificativa N5 para situação 3.  
Fonte: registro das aulas.

O estudante relaciona de maneira correta força e distância, proporcionalmente, mostrando indícios de aprendizagem significativa, nível avaliado N5.

A 2a etapa da atividade está relacionada a aplicação da equação e as condições de equilíbrio de um corpo extenso utilizando simulações no Laboratório de Equilíbrio na

plataforma Phet. O conteúdo foi organizado hierarquicamente para favorecer o princípio da assimilação (AUSUBEL, 2003). A figura ilustra a primeira tela vista pelos estudantes no laboratório de equilíbrio.



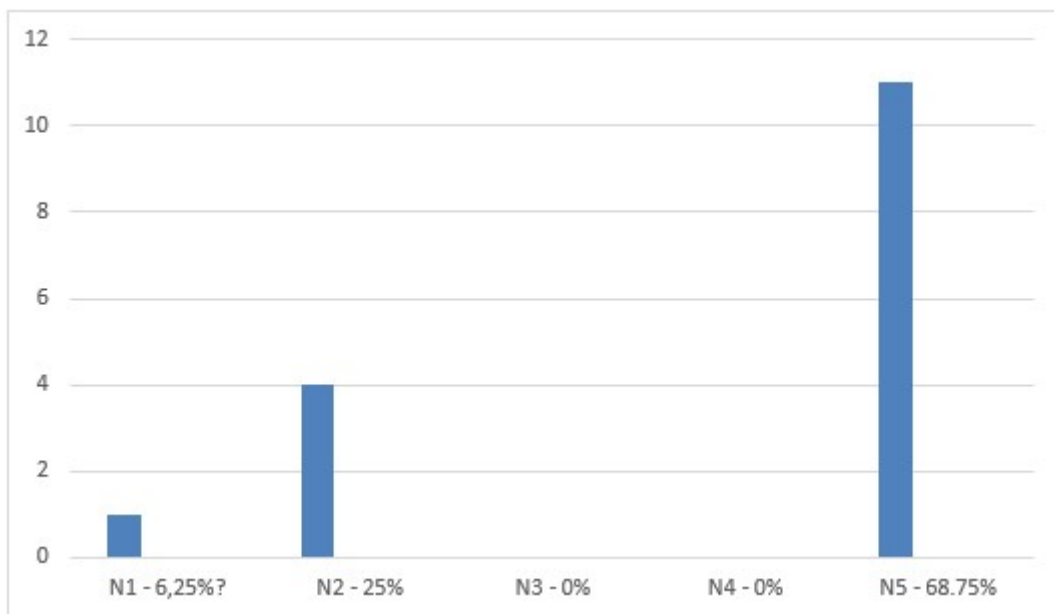
**Figura 5.41** – Laboratório de Equilíbrio .  
PHET, (2019).

## 5.8 2ª Etapa – Laboratório de Equilíbrio – Situação 1

Escolha dois tijolos quaisquer (desde que sejam diferentes) e os coloquem em posições opostas em relação ao ponto de giro em quaisquer distâncias até que fiquem em equilíbrio estático. Demostre a situação de equilíbrio por meio de cálculos.

A atividade dá a liberdade ao estudante fazer a simulação na plataforma por tentativa e erro, bem como efetuar os cálculos, primeiramente, e depois fazer a devida verificação.

O gráfico apresenta, por meio de porcentagem, as respostas dos estudantes, segundo o nível de avaliação, apresentaram indícios de aprendizagem significativa.



**Figura 5.42** – Número de estudantes x Nível de respostas.  
Fonte: elaboração própria (2021).

Apesar da atividade exigir maior aprofundamento no conteúdo de momento de uma força em virtude do uso de equações, das condições de equilíbrio e ainda de situações problemas, um maior número de estudantes demonstrou maior estabilidade nos subsunçores.

As figuras seguintes ilustram algumas respostas dadas pelos estudantes com o nível de avaliado em cada uma delas.

Está em equilíbrio pois o peso de 5 kg é o dobro de 10 kg.

|                   |                      |   |                  |                    |
|-------------------|----------------------|---|------------------|--------------------|
| $P = m \cdot g$   | $M = f \cdot d$      | } | $P = m \cdot g$  | $M = f \cdot d$    |
| $P = 10 \cdot 10$ | $M = 100 \cdot 0,75$ |   | $P = 5 \cdot 10$ | $M = 50 \cdot 1,5$ |
| $P = 100N$        | $M = 75N$            |   | $P = 50N$        | $M = 75N$          |

**Figura 5.43** – Justificativa N5 para situação 1 Etapa 2.  
Fonte: registro das aulas.

A resposta foi avaliada em N5, mostrando indícios de aprendizagem significativa, inclusive diferenciando as grandezas peso e massa, muito discutido nas aulas que antecederam esta pesquisa, nessas situações os estudantes utilizam a aceleração gravitacional como  $10m/s^2$ .

A resposta seguinte, foi avaliada como N2, considerando falta de coerência com o que foi pedido, não demonstrando indícios de aprendizagem significativa.

$$M = F \cdot d$$

$$m = 50, d = 50 \cdot \underline{Nm}$$
~~$$M = F \cdot d$$~~

$$m = F \cdot d \quad 100 \cdot 0,5 = 25$$

**Figura 5.44** – Justificativa N2 para situação 1 Etapa 2.  
Fonte: registro das aulas.

A resposta foi avaliada em N5, mostrando indícios de aprendizagem significativa.

LABORATÓRIO DE EQUILÍBRIO.

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| 10K                   | 5K                  |
| $M = F \cdot d$       | $M = F \cdot d$     |
| $100 \cdot 0,25 = 25$ | $50 \cdot 0,5 = 25$ |

**Figura 5.45** – Justificativa N5 para situação 1 – Etapa 2  
Fonte: registro das aulas.

Na última atividade antes da avaliação nesse encontro, o grau de dificuldade aumentou significativamente, pois, além de utilizar a equação de momento com as condições de equilíbrio, o número de corpos do sistema aumentou para atender as situações dos problemas que envolvem cálculo de estrutura 1.

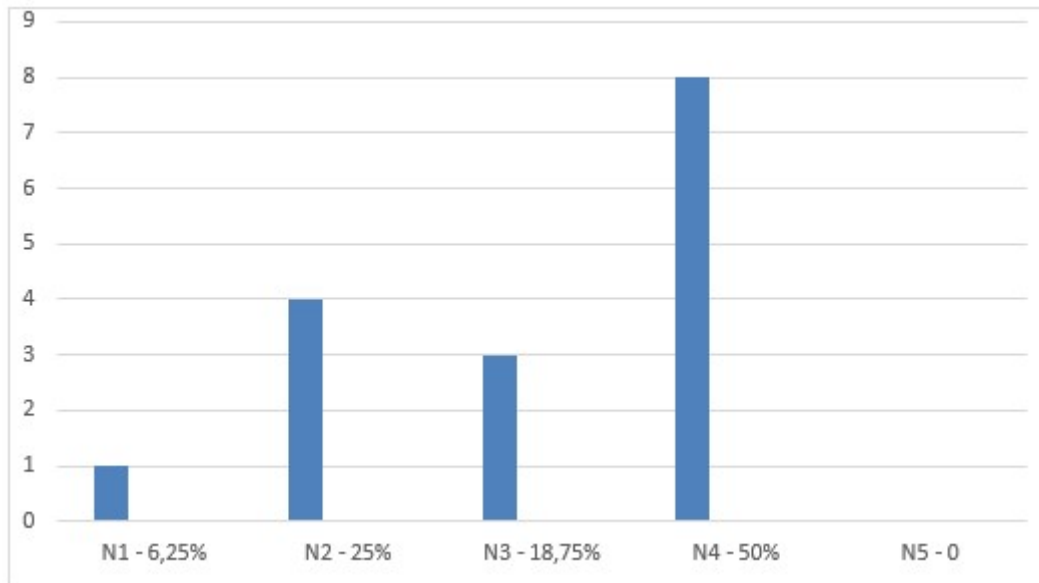
## 5.9 2ª Etapa – Laboratório de Equilíbrio – Situação 2

Coloque o tijolo de 20 kg à direita do ponto de giro e os tijolos de 5kg e 10kg à esquerda, até encontrar um ponto de equilíbrio. Demonstre a situação por meio da equação de momento.

A tabela apresenta a relação entre o número de estudantes e as respostas pela avaliação de cada nível. O gráfico seguinte mostra em porcentagem que a metade dos alunos apresentaram indícios de aprendizagem significativa. Não foram avaliados como N5 em virtude de não terem utilizado a equação de maneira formal, mas questionei os professores de engenharia quanto à estrutura de cálculos feito por eles na disciplina e me disseram que não tinha problema, desde que a resposta estivesse correta.

| Avaliação do Nível das respostas | Número de estudantes |
|----------------------------------|----------------------|
| N1                               | 1                    |
| N2                               | 4                    |
| N3                               | 3                    |
| N4                               | 8                    |
| N5                               | 0                    |

**Tabela 5.8:** Nível das respostas dos estudantes na Etapa 2 – situação 1.  
Fonte: elaboração própria (2021).



**Figura 5.46** – Nível das respostas dos estudantes na Etapa 2 – situação 1.  
Fonte: elaboração própria (2021).

As figuras a seguir são algumas respostas dadas pelos estudantes.

$$0,75 \times 3,25 = LD$$

$$M = F \times D = 100 \times 0,75 = 075$$
~~$$M = F \times D = 100 \times 50 =$$~~

$$M = 100 \times 0,25$$

$$M = 25$$

$$(M = F \times D) 10$$

$$M = 50 \times D 0,5$$

$$M = 25$$

**Figura 5.47** – Justificativa N3 para situação 2 – Etapa  
Fonte: registro das aulas.

Apesar de apresentar a equação de momento de uma força, a resposta não tem relação com o que foi solicitado na atividade, avaliada como N3 pois está relacionada com o tópico estudado, mas de maneira confusa.

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| $P = M \cdot g$    | $M \cdot F \cdot d$      |
| $P = 100 \cdot 10$ | $M \cdot 100 \cdot 0,75$ |
| $P = 1000 N$       | $M = 75 N$               |
| $P = M \cdot g$    | $M \cdot F \cdot d$      |
| $P = 50 \cdot 10$  | $M \cdot 50 \cdot 1,5$   |
| $P = 500$          | $M = 75 N$               |

**Figura 5.48** – Justificativa N4 para situação 2 – Etapa  
Fonte: registro das aulas.

A resposta avaliada em N4 apresentou indícios de aprendizagem significativa, mas não conseguiu estruturar as equações das condições de equilíbrio de um corpo extenso.

SITUAÇÃO 2 -

|       |            |       |
|-------|------------|-------|
| 50 .  | 50 . 1,5   | = 200 |
| 100 . | 100 . 1,25 | = 200 |
| 200 . | 200 . 1    | = 200 |

**Figura 5.49** – Justificativa N2 para situação 2 – Etapa 2.  
Fonte: registro das aulas.

Resposta avaliada como N2 considerando que está em desacordo com o que foi solicitado. Não havendo indícios de aprendizagem significativa.

Ao final da aula fez-se a última atividade denominada “Jogo”, foi utilizada como avaliação somativa individual e recursiva. Nessa avaliação, conforme dito anteriormente, foi escolhido pelo professor o jogo – nível 1 – por entender que o grau de dificuldade é satisfatório para o público e os objetivos procurados nessa pesquisa. Ela é dividida em seis simulações, em que cada uma valem 2 pontos, e caso o estudante erre, tem o recurso de refazer, valendo então, 1 ponto. Para parametrizar os valores das notas finais em função da aprendizagem foi utilizado os critérios da tabela a seguir:



| Nota               | Classificação da aprendizagem                                                                                                                                                                    |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| J1 – 0 ponto       | Não compreendeu os conceitos relacionados ao equilíbrio do corpo extenso                                                                                                                         |
| J2 – 1 a 5 pontos  | Possui subsunçores relativos ao material apresentado, mas há poucos indícios de aprendizagem significativa.                                                                                      |
| J3 – 6 a 8 pontos  | Há indícios de aprendizagem significativa, mas os conceitos de momento de uma força e condições de equilíbrio de um corpo extenso, não estão bem estruturados e clarificados.                    |
| J4 – 9 a 12 pontos | Os conceitos de momento de uma força e condições de equilíbrio estão claros e organizados de forma adequada e disponíveis na estrutura cognitiva, mostra indícios de aprendizagem significativa. |

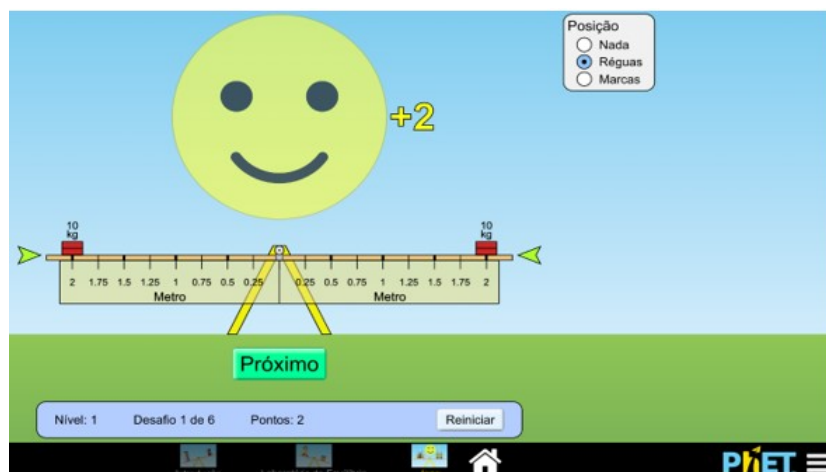
**Tabela 5.9:** Pontuação na avaliação jogo por classificação de aprendizagem.  
 Fonte: Elaboração própria (2021).

As figuras seguintes exibem cada etapa do desafio – jogo – os desafios são apresentados hierarquicamente em grau de dificuldade, convergindo com a teoria da aprendizagem significativa.



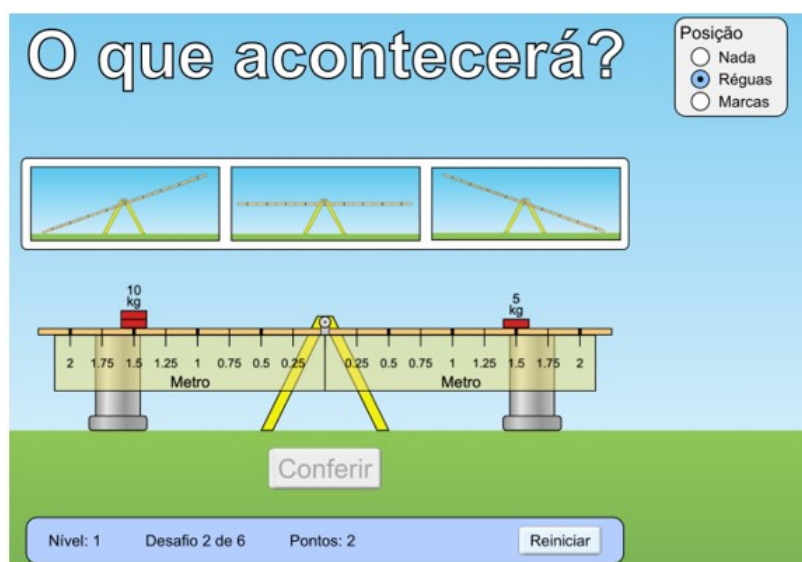
**Figura 5.50** – Desafio 1 - Jogo Phet, 2019.

Não foi dada qualquer instrução para o aluno, sendo a interpretação, parte da avaliação. Dessa forma, conforme a tabela 5.9, na classificação de aprendizagem não houve qualquer avaliação em que a aprendizagem, quando pontuado, não fosse classificada, mesmo que pouco, como indícios de aprendizagem significativa, considerando que a abordagem da avaliação foi apresentada de um modo diferente ao que os livros ou o professor apresenta, demonstrando habilidade de raciocínio e autonomia para investigar as possibilidades de respostas.



**Figura 5.51** – Desafio 1 – Jogo – acerto.  
Phet, 2019.

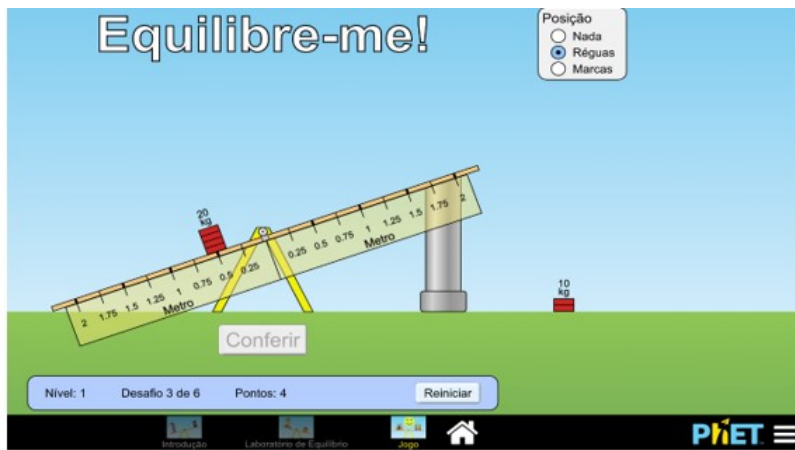
A figura acima exibe a pontuação caso tenha acertado e abre o link para o próximo desafio.



**Figura 5.52** – Desafio 2 – Jogo - O que acontecerá.  
Phet, 2019.

A figura 5.52 apresenta uma tomada de decisão em virtude a situação apresentada, como as distâncias em relação ao ponto de giro são as mesmas, logo, é relativamente fácil a escolha, mas esta relação tem que estar presente na estrutura cognitiva.

No desafio 3, voltamos às condições de equilíbrio, mas agora com distâncias e massas diferentes. Dessa forma, retomamos as condições de proporcionalidade entre a força e distância em um grau de dificuldade maior.



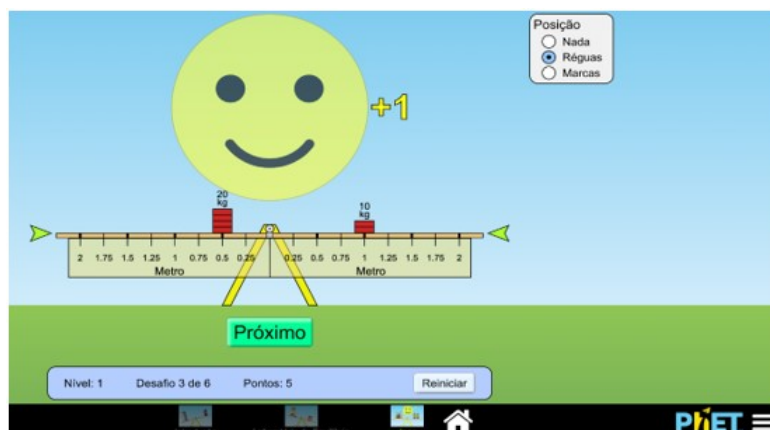
**Figura 5.53** – Desafio 3 – Jogo.  
Phet, 2019.



**Figura 5.54** – Desafio 3 – Jogo – Erro.  
Phet, 2019.

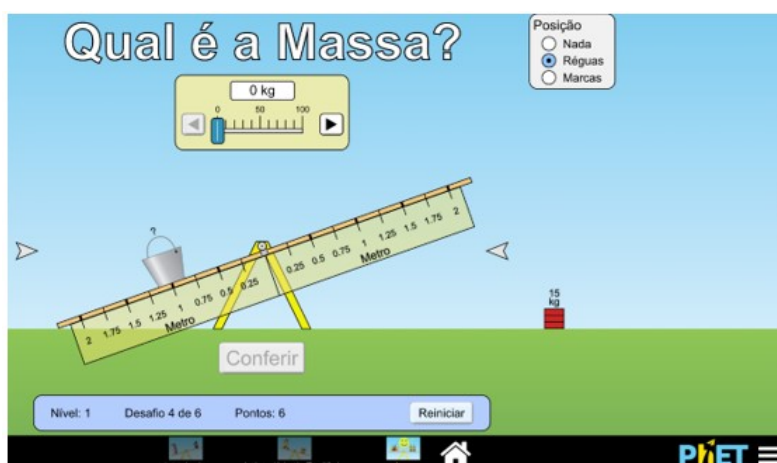
Entretanto, caso erre (figura 5.54), aparece um *emoji* com a “carinha” triste e o link tentar de novo aparece, mostrando a recursividade da avaliação.

Assim, com uma nova oportunidade, o estudante pôde pensar melhor e ainda pontuar, conforme figura 5.55.



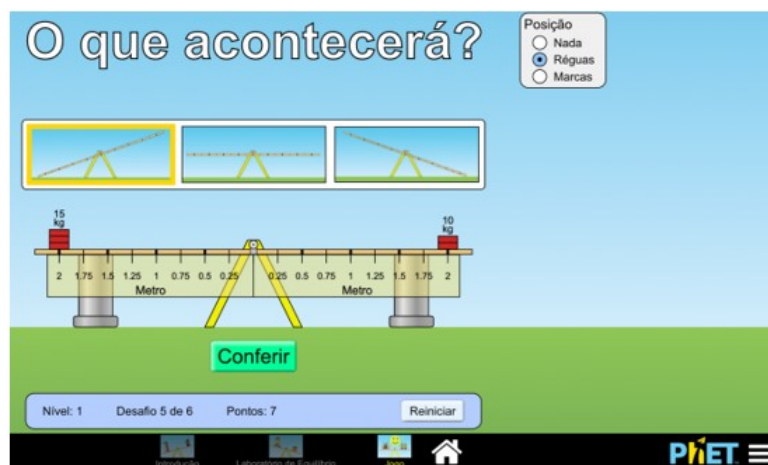
**Figura 5.55** – Desafio 3 – Jogo - Tente de novo.  
Phet, 2019.

O desafio a seguir mostra um grau de abstração ainda maior, aprofundando ainda mais o conteúdo. Para Ausubel (2003), o grau de abstração do material está ligado à longevidade de retenção que varia diretamente com o grau de abstração.

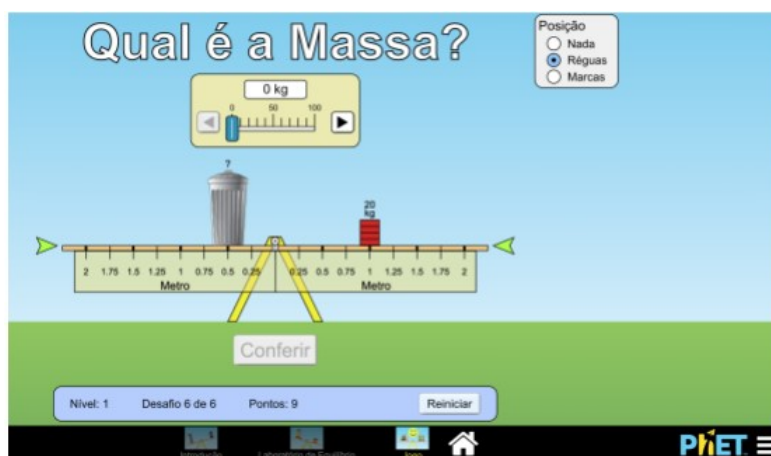


**Figura 5.56** – Desafio 4 – Jogo.  
Phet, 2019.

E assim, vai repetindo as atividades em um grau de abstração e complexidade cada vez maiores, conforme os dois últimos desafios a seguir.



**Figura 5.57** – Desafio 5 – Jogo. Phet, 2019.



**Figura 5.58** – Desafio 6 – Jogo. Phet, 2019.

A tabela seguinte apresenta a relação entre a faixa de pontuação atingida x o número de alunos.

| Faixa pontuação    | Número de estudantes |
|--------------------|----------------------|
| J1 – 0             | 0                    |
| J2 – 1 a 4 pontos  | 3                    |
| J3 – 5 a 8 pontos  | 2                    |
| J4 – 9 a 12 pontos | 8                    |

**Tabela 5.10:** Faixa de pontuação em função do número de estudantes. Fonte: Elaboração própria (2021).

A tabela indica que a maior parte dos estudantes participantes<sup>5</sup> da pesquisa apresentaram indícios de aprendizagem significativa de maneira clara e organizada na estrutura

<sup>5</sup>16 estudantes compareceram ao terceiro encontro, mas três deles não puderam participar a avaliação em virtude de o transporte público passar antes do término da aula. Esse tipo de problemática integra o contexto de grande parte dos estudantes da Educação Básica pública, o que deve ser considerado por pesquisadores e professores que atuam em tal contexto.

cognitiva.

O 4º encontro foi dividido em duas partes: a primeira foi para verificar se os estudantes dominaram bem todos os encontros anteriores, para isso, foi passado um vídeo antes de passar para lista de exercícios, segunda parte da aula. O vídeo foi para verificação da organização dos subsunçores apresentados nos encontros anteriores e avaliar por meio das respostas, intervenções e participações dos estudantes e o grau de estabilidade dos conceitos apresentados anteriormente. Para Ausubel (2003), este recurso denomina-se consolidação, um feedback para clarificar, corrigir e confirmar por meio da revisão ou no decurso da exposição repetida, o material de aprendizagem.

O professor anotou todas as intervenções e participações para avaliar a aprendizagem do grupo. Não foi realizada uma avaliação individual, o que veio a ocorrer no segundo momento. Os dados colhidos, considerando o número de intervenções, demonstraram interesse no material de ensino, uma das condições para se mostrar aprendizagem significativa. A comparação de muitas das situações apresentadas no vídeo com as dos encontros anteriores indica transferência do conceito de momento de uma força para outras situações. Indicativo que mostram indícios de aprendizagem significativa, considerando que o processo de aprendizagem por memorização possui pouco valor de transferência (AUSUBEL, 2003). Dessa forma, o método utilizado se apresenta conveniente para ser aplicado.

Após a etapa supracitada, foi entregue uma lista de exercícios com atividades que aumentavam o grau de dificuldade de maneira hierárquica culminado em um problema envolvendo situações na construção civil. As tabelas seguintes mostram os resultados de cada questão e as imagens apresentam as questões e algumas respostas dos estudantes, ainda utilizando a escala proposta por Ferreira et al (2021) para avaliar as respostas de acordo com o nível correspondente.

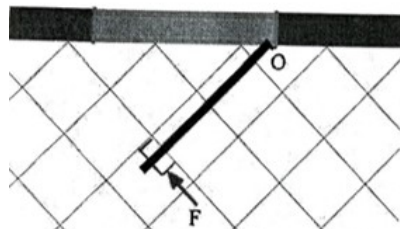
#### Questão 1

| Nível de resposta avaliada | Número de estudantes |
|----------------------------|----------------------|
| N1                         | 1                    |
| N2                         | 5                    |
| N3                         | 1                    |
| N4                         | 4                    |
| N5                         | 5                    |

**Tabela 5.11:** Respostas avaliadas x número de estudantes – Questão 1  
Fonte: Elaboração própria (2021).

Considerando a tabela, os resultados N4 e N5 das respostas da questão 1 apresentam indícios de aprendizagem significativa.

1) Suponha que para fechar uma porta de 0,8 metros de largura, uma pessoa aplica perpendicularmente a ela uma força de 3 N, como mostra a figura abaixo. Determine o momento dessa força em relação ao eixo O e o sentido do giro visto por um observador olhando para esta folha.



**Figura 5.59** – Questão 1  
Fonte: UFPR, 2017.

$$M = F \cdot d$$

$$M = 0,8 \cdot 3 = +2,4 \text{ N}$$

**Figura 5.60** – Resposta avaliada como N4 – Questão 1  
Fonte: registro das aulas.

A resposta acima foi avaliada como N4 considerando que o sentido convencional adotado e que o giro no sentido horário é positivo, dessa forma o estudante fez os cálculos corretos, mas faltou completar a questão.

~~O eixo O é mp = 0  
a Força 3 N = mp  
a parte da força é  
maior~~

**Figura 5.61** – Resposta avaliada como N2 – Questão 1  
Fonte: registro das aulas.

Resposta avaliada como N2, pois não há nenhuma conexão com o conteúdo estudado.

NO SENTINDO ALTE -  
 HONVIL DA FOLLO -  
 300 N

**Figura 5.62** – Resposta avaliada como N3 – Questão 1  
 Fonte: registro das aulas.

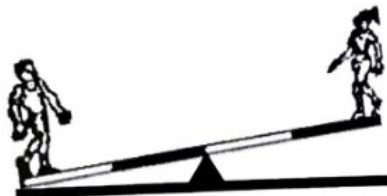
Questão 2

| Nível de resposta avaliada | Número de estudantes |
|----------------------------|----------------------|
| N1                         | 0                    |
| N2                         | 6                    |
| N3                         | 1                    |
| N4                         | 8                    |
| N5                         | 0                    |

**Tabela 5.12:** Respostas avaliadas x número de estudantes, Questão 2.  
 Fonte: elaboração própria (2021).

As respostas dos alunos demonstraram alguma dificuldade em fazer a relação de proporcionalidade entre a força e distância de maneira exata para ser avaliado como N5, mas 8 estudantes foram avaliados como N4 conseguiram fazer a relação de maior peso, menor distância, e ainda, um número percentual significativo avaliado como N2 pois não conseguiu entender a questão mostrando conhecimento precário relativo ao assunto tratado.

2) Um rapaz de 100 kg e uma garota de 50 kg estão em uma gangorra conforme figura abaixo, descreva qual a condição para que a gangorra fique na posição horizontal, indicando por meio de vetores, com intensidade proporcional ao peso de cada um.



**Figura 5.63** – Questão 2.  
 Fonte: elaboração própria (2021).





O RAPAZ tem que ficar  
 mais PROXIMO do  
 GIRO PARA manter  
 Equilíbrio

**Figura 5.64** – Resposta avaliada como N4 – Questão 2.  
 Fonte: registro das aulas.

Resposta avaliada como N4, há indícios de aprendizagem significativa, mas poderia indicar as posições de equilíbrio relacionadas ao peso de cada um deles.

Ela deve se posicionar na me  
 tade da distancia em que  
 o rapaz esta em relação a  
 gangorra.

**Figura 5.65** – Resposta avaliada como N2 – Questão 2.  
 Fonte: registro das aulas.

A resposta foi avaliada como N2 por não ter nenhuma relação com o conteúdo estudado.

Questão 3.

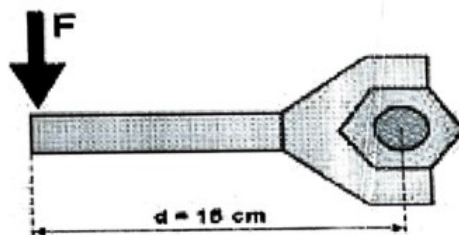
| Nível de resposta avaliada | Número de estudantes |
|----------------------------|----------------------|
| N1                         | 1                    |
| N2                         | 5                    |
| N3                         | 1                    |
| N4                         | 9                    |
| N5                         | 0                    |

**Tabela 5.13:** Respostas avaliadas x número de estudantes – Questão 3.  
 Fonte: elaboração própria (2021).

Os dados da tabela mostram dificuldade em responder à questão de maneira adequada em virtude da unidade de medida, assim, não houve questão avaliada como N5,

mas, nas questões avaliadas como N4 conseguiram aplicar a equação e resolver de maneira adequada, a tabela indica que a maioria dos estudantes possuem indícios de aprendizagem significativa.

3) A figura representa a força aplicada na vertical, sobre uma chave de boca. O ponto de aplicação da força dista 15 cm do centro da porca e o módulo da força máxima aplicada é  $F = 600 \text{ N}$ . Nesta situação, determine o momento da força necessário para que uma pessoa esteja próxima de desatarraxar a porca.



**Figura 5.66** – Questão 3.  
Fonte: elaboração própria (2021).

$$M = F \cdot D$$
$$M = 600 \cdot 15 = 9.000 \text{ N}\cdot\text{cm}$$

**Figura 5.67** – Questão 3.  
Fonte: registro das aulas.

Resposta avaliada como N4, verifica-se que aplicou corretamente a equação, mas não inseriu a referida unidade de medida.

~~FORÇA DE GIRO NESTE -  
MOMENTO DE 00~~

**Figura 5.68** – Resposta avaliada como N2 – Questão 3.  
Fonte: registro das aulas.

$$F = 600 = M \dots$$

$$M_1 = F_1 \cdot d_1$$

$$M_1 = 600 \frac{1}{5} \cdot 15 = 40 M$$

$$M_1 = 40 M$$

**Figura 5.69** – Resposta avaliada como N3 – Questão 3.  
 Fonte: registro das aulas.

Resposta avaliada como N3, apesar de escrever a equação de forma correta, demonstra que não sabe dar continuidade a solução fazendo confusão com os sinais de divisão e multiplicação.

#### Questão 4

| Nível de resposta avaliada | Número de estudantes |
|----------------------------|----------------------|
| N1                         | 0                    |
| N2                         | 5                    |
| N3                         | 4                    |
| N4                         | 7                    |
| N5                         | 0                    |

**Tabela 5.14:** Respostas avaliadas x número de estudantes – Questão 4  
 Fonte: elaboração própria (2021)

A tabela acima apresenta um número reduzido de alunos com indícios de aprendizagem significativa em comparação com as questões anteriores, isso pode ser pelo fato de as questões estarem hierarquizadas pelo grau de dificuldade e interpretação, essa redução ainda se dá na tabela seguinte.

4) (UFRRJ-RJ) Na figura abaixo, suponha que o menino esteja empurrando a porta com uma força  $F_m = 5 \text{ N}$ , atuando a uma distância 2 m das dobradiças (eixo de rotação), e que o homem exerça uma força  $F_h = 80 \text{ N}$ , a uma distância de 10 cm do eixo de rotação.



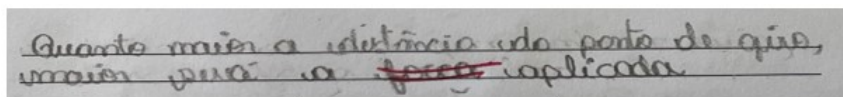
Nestas condições, pode-se afirmar que:

- a) a porta estaria girando no sentido de ser fechada.
- b) a porta estaria girando no sentido de ser aberta.
- c) a porta não gira em nenhum sentido.
- d) o valor do momento aplicado à porta pelo homem é maior que o valor do momento aplicado pelo menino.
- e) a porta estaria girando no sentido de ser fechada, pois a massa do homem é maior que a massa do menino

Justifique sua resposta.

**Figura 5.70** – Questão 4.

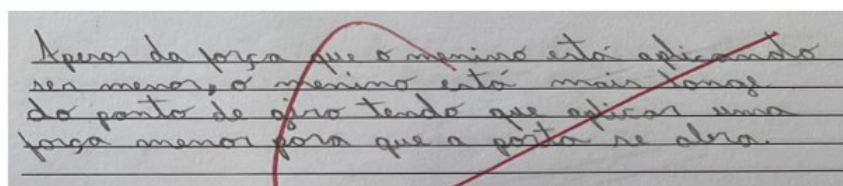
Fonte: UFRRJ - RJ.



**Figura 5.71** – Resposta avaliada como N3 – Questão 4

Fonte: registro das aulas.

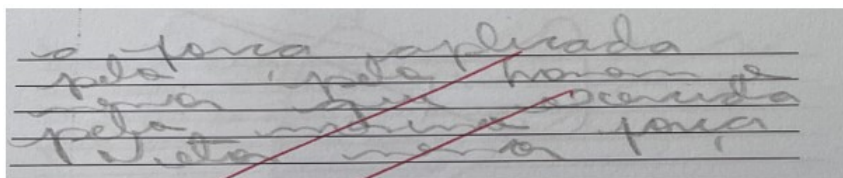
Avaliada como N3, pois verifica-se que o estudante fez confusão com as grandezas força e momento de uma força.



**Figura 5.72** – Resposta avaliada como N4 – Questão 4

Fonte: registro das aulas.

A resposta da figura acima foi avaliada como N4, considerando que o estudante sabia os conceitos relativos à questão e ainda respondeu de maneira coerente, apesar de não ter formalizado por meio de cálculos, apresentou indícios de aprendizagem significativa.



**Figura 5.73** – Avaliada como nível 2 – questão 4.

Fonte: registro das aulas.

A resposta está em desacordo com os conceitos abordados sendo assim avaliada como N2, o estudante não possui qualquer indício de aprendizagem significativa.

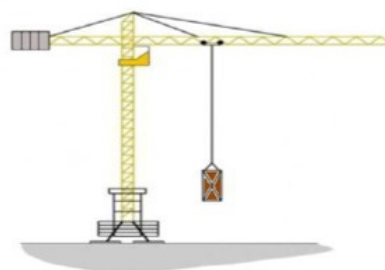
### Questão 5

| Nível de resposta avaliada | Número de estudantes |
|----------------------------|----------------------|
| N1                         | 4                    |
| N2                         | 8                    |
| N3                         | 1                    |
| N4                         | 2                    |
| N5                         | 1                    |

**Tabela 5.15:** Respostas avaliadas x número de estudantes – Questão 5.

Fonte: elaboração própria (2021).

5) (FCM-PB - Modificado) O guindaste (também chamado de grua e, nos navios, pau de carga) é um equipamento utilizado para a elevação e a movimentação de cargas e materiais pesados, assim como a ponte rolante a partir do princípio da física no qual uma ou mais máquinas simples criam vantagem mecânica para mover cargas além da capacidade humana. São comumente empregados nas indústrias, terminais portuários e aeroportuários, onde se exige grande mobilidade no manuseio de cargas e transporte de uma fonte primária à embarcação, trem ou elemento de transporte primário, ou mesmo avião, para uma fonte secundária, um veículo de transportes ou depósitos locais. Podem descarregar e carregar contêineres, organizar material pesado em grandes depósitos, movimentação de cargas pesadas na construção civil e as conhecidas pontes rolantes ou guindastes móveis muito utilizados nas indústrias de laminação e motores pesados.



Um aluno, de posse de um simulador, projeta a Grua acima com as seguintes características: o braço maior da Grua tem comprimento de 16 metros, o braço menor, 4 m; o contrapeso na extremidade do braço menor tem uma massa equivalente a 0,5 toneladas, cujo centro de massa coincide com a extremidade do braço menor. A barra horizontal possui massa desprezível e a barra vertical está rigidamente fixada. De acordo com o projeto acima descrito, calcule o peso máximo que essa Grua poderá levantar sem tombar sem sofrer deflexão.

**Figura 5.74** – Questão 5.

Fonte: fonte: FCM - PB

Como dito anteriormente, a questão 5 teve um grau de dificuldade que envolvia maiores habilidades para sua compreensão e solução, apesar de até o momento os alunos apresentarem de maneira satisfatória a aplicação das equações de momento de uma força e equilíbrio de um corpo extenso, condições suficientes para o êxito do objetivo desta da pesquisa, ainda estamos falando de um grupo de estudantes que estão fazendo um curso

técnico integrado a educação, dessa forma questões com maiores dificuldades são necessárias para avaliação do nível de todos os estudantes envolvidos no ensino médio da disciplina de física. As Figuras que se seguem apresentam algumas respostas relativa à questão 5.

$P = m \cdot g$   
 $P = 128 \cdot 10$   
 $P = 1,280$

Podera levantar  
1.280 toneladas.

**Figura 5.75** – Resposta avaliada como N2 – Questão 5  
 Fonte: elaboração própria (2021).

Avaliada como N2 considerando que não se trata do conteúdo estudado.

$m = F \cdot d$   
 $m = 500,0 \cdot 4 = x \cdot 16$   
 $m = 20,000 = x \cdot 16$   
 $m = 20,000 \div 16 = x$   
 $m = 125,0$

**Figura 5.76** – Resposta avaliada como N4 – Questão 5.  
 Fonte: elaboração própria (2021).

A questão acima foi avaliada como N4, apesar de não montar a equação de maneira formal, demonstrou que sabe aplicar a equação, apontando indícios de aprendizagem significativa.

$d_1 = 16$     $d_2 = 4$   
 $f_1 = 0,5$   
 $f_2 = 0,5$   
 $m_1 = f_1 \cdot d_2$   
 $m_1 = 0,5 \cdot 16 = 0,8N$   
 $m_1 = 0,8N$

**Figura 5.77** – Resposta avaliada como N3 – Questão 5.  
 Fonte: elaboração própria (2021).

A resposta da figura acima apontou a equação do conteúdo envolvido, mas resolução confusa, não apresentando indícios de aprendizagem significativa.

$$M = F \cdot b$$

$$5000 \cdot 4 = x \cdot 16$$

$$20.000 = 16x$$

$$16x > 20.000$$

$$x = \frac{20.000}{16}$$

$$x = 1.250$$

**Figura 5.78** – Resposta avaliada como N5 – Questão 5.  
 Fonte: elaboração própria (2021).

Questão avaliada como N5, a resolução está de acordo com o solicitado, apesar de no início ter esquecido do sinal de igualdade, mas inseriu logo depois, apresentando indícios de aprendizagem significativa.

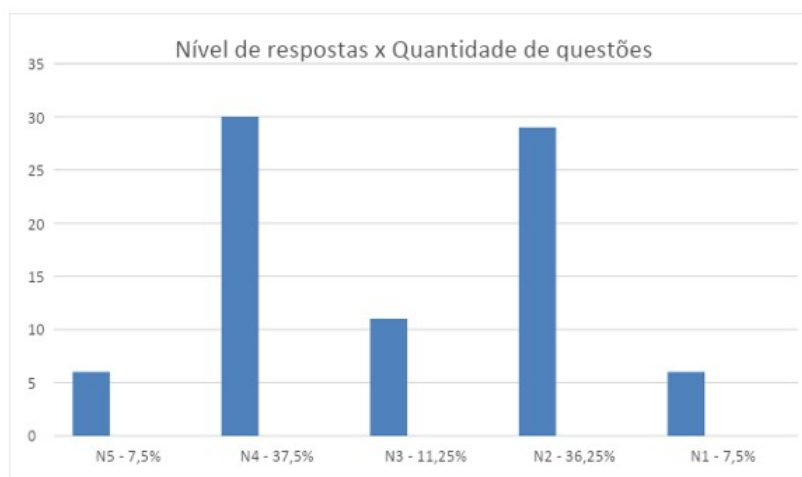
Na tabela seguinte foi compilado todos os dados da atividade do 4º encontro, fazendo assim uma análise geral do número de questões avaliadas para cada nível de avaliação.

| Questão | N5 | N4 | N3 | N2 | N1 |
|---------|----|----|----|----|----|
| 1       | 5  | 4  | 1  | 5  | 1  |
| 2       | 0  | 8  | 1  | 6  | 0  |
| 3       | 0  | 9  | 2  | 5  | 1  |
| 4       | 0  | 7  | 4  | 5  | 0  |
| 5       | 1  | 2  | 1  | 8  | 4  |
| Total   | 6  | 30 | 9  | 29 | 6  |

**Tabela 5.16:** Nível de respostas avaliadas em cada nível para cada questão.  
 Fonte: elaboração própria (2021).

O gráfico seguinte relaciona a quantidade de respostas avaliadas por nível pela quantidade de questões da atividade do 4º encontro, assim, poderá ser feito uma análise global em função das porcentagens apresentadas.





**Figura 5.79** – Nível de repostas x Quantidade de questões  
 Fonte: elaboração própria (2021).

O gráfico mostra que 45% das respostas avaliadas apresentam indícios de aprendizagem significativa, mostrando que há subsunçores presentes na estrutura cognitiva de grande parte grupo pesquisado. As questões postas eram de interpretações e não de aplicações diretas como é comum nas avaliações dadas em semestres anteriores, ou seja, com grau de complexidade maior. Apesar de alguns alunos demonstrarem que ainda recorrem à aprendizagem mecânica, deve-se ressaltar o interesse dos estudantes continuarem a pesquisa até o final do semestre, pois o índice de desistência nesse período após as avaliações finais na disciplina aumenta, conforme experiência deste autor, significativamente. Dos 20 alunos que iniciaram, 16 fizeram participaram de todos os encontros. O número de alunos nos semestres anteriores que fizeram a disciplina até o final, ou seja, até o processo de recuperação, era de 3 a 10 estudantes. Assim, o interesse em aprender se maneira significativa é uma condição para que a aprendizagem significativa aconteça.

Assim, fazendo-se uma análise global de todos os encontros e dos dados apresentados, considera-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados; ainda assim, deve-se analisar o que se pode melhorar para que um maior índice seja apresentado em pesquisas posteriores, como discutiremos no capítulo seguinte.



# Considerações Finais

Esta dissertação procurou fazer uma análise da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel aliada ao desenvolvimento, à aplicação e à avaliação da aplicação de uma sequência didática, articulando uma teoria instrucional a um material normativo, para aplicação em sala de aula, e ainda, propor a aplicação de um produto educacional para auxiliar professores que atuam na Educação de Jovens e Adultos do ensino técnico profissional do curso técnico em edificações acerca do conceito de momento de uma força como ferramenta para a disciplina de sistemas estruturais I.

Para isto, a sequência didática foi fundamentada em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa proposta por Moreira, e firmada detalhadamente nos conceitos de momento de uma força e condições de equilíbrio. Cada módulo da UEPS foi construído levando em conta a experiência do autor desta dissertação com atividades diversificadas, tais quais: aula expositiva, vídeos, laboratório com materiais de uso cotidiano, laboratório de informática, simulações na plataforma Phet, grupos colaborativos, lista de exercícios, entre outros, pensados no processo de assimilação da aprendizagem.

A UEPS foi aplicada em uma turma de técnicos em edificações na modalidade Proeja do Instituto Federal de Brasília, campus Samambaia, entre os meses de outubro e novembro de 2019. O período escolhido está relacionado a diminuição da evasão na segunda etapa do semestre, para que não houvesse discrepância dos dados.

Foi percebido um interesse maior dos estudantes com o método aplicado, em comparação aos semestres anteriores, em que foi ministrado apenas aulas expositivas, isso foi evidenciado nos encontros, nas respostas dos alunos e nas avaliações em cada encontro. Os estudantes desta modalidade geralmente são passivos e tímidos em suas participações em sala, mas durante a aplicação da pesquisa viu-se várias interrupções, intervenções, questionamentos que foram evoluindo de forma crescente à medida que se aprofundavam os conceitos.

Acerca da aprendizagem significativa, a cada encontro foi percebido que os novos

subsunçores ficavam cada vez mais estáveis evoluindo para o esquema de assimilação. Assim, de maneira geral, os estudantes, acostumados com as aulas expositivas e passíveis em sala, tornaram-se protagonistas de seus próprios saberes, mostraram-se interessados, apresentando níveis baixos de faltas durante a aplicação da pesquisa. Nas avaliações, tanto somativa quanto formativa, apresentaram índices maiores que as avaliadas em turmas anteriores, mesmo com graus de dificuldades superiores aos aplicados nessas turmas.

Com a análise dos dados, o autor desta pesquisa conclui que houve indícios de aprendizagem significativa e que a aplicação da UEPS aliada à Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel) torna-se mais uma ferramenta para que a atividade fim em um sistema educacional seja alcançada – a aprendizagem qualificada como significativa.

Por fim, considerando exitosa a proposta aplicada o produto educacional pode ser aplicado e implementado por outros professores, e até mesmo expandido, considerando os devidos ajustes para cada tipo de público envolvido. Estudos complementares poderão buscar estender o alcance desta pesquisa a outros temas da física e a outros níveis e modalidades educacionais, além da ampliação e diversificação dos recursos metodológicos e dos instrumentos e indicadores avaliativos.

## Referências

- ALMEIDA, A. de. **Um estudo do e no processo de implantação no estudo do Paraná do PROEJA: problematizando as causas da evasão.** 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- ANDRADE, S. C. P. **Despertando o interesse dos estudantes para o estudo da Física através da elaboração e produção de vídeos de experimentos de Física.** 2018. 66 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Departamento de Física, URCA, Juazeiro do Norte, 2018.
- ANDRADE, F. L. **As alavancas do corpo humano jogando com a interdisciplinaridade.** 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.
- ANJOS, R. V. dos; SILVEIRA, D. N. Aprendizagem significativa na Educação de Jovens e Adultos: as possibilidades da modelagem matemática. In: **VII CIBEM**, Montevideu, Uruguai, 2013. Disponível em:  
[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:T84oF\\_13J48J:funes.uniandes.edu.co/18255/1/Vieira2013Aprendizagem.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:T84oF_13J48J:funes.uniandes.edu.co/18255/1/Vieira2013Aprendizagem.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br). Acesso em: 21 jan. 20.
- ARQUIMEDES. Sobre o equilíbrio dos planos (segunda parte). Introdução e tradução de A. K. T. Assis e N. B. F. Campos. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 146-157, 2004.
- ASSIS, A. K. T. **Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca.** Montreal: Apeiron, 2008.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano, 2003.
- BORJA, E. V. Estabilidade das Construções. Disponível em: <  
<https://docente.ifrn.edu.br/edilbertoborja/estabilidade-das-construcoes/estabilidade-das-construcoes-subsequente/modulo-02-momento-de-forca/modulo-02-momento-de-forca>>. Aces-so em 10 de novembro de 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Trabalhando com a educação de jovens e adultos alunas e alunos da EJA.** Brasília: MEC, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Programa de Integração da Educação Profissional ao Ensino Médio na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos – PROEJA.** Decreto nº 5.478: Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa nacional de integração da educação profissional com a educação básica na modalidade de educação de jovens e adultos**. Documento base. Brasília: MEC, 2007.

BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 dez. 2008.

CAPES. Diretoria de Avaliação. **Documento de área 46**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/ENSINO.pdf>. Acesso em: 1 out. 2021.

CARDOSO, K. D. **O PROEJA e a formação do: o currículo integrado em discussão**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Educação. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Educação. Universidade Federal do Maranhão. 2014. 145p. São Luis – MA.

CARVALHO, C. V. A.; VEIGA J. Desenvolvimento e utilização de materiais potencialmente significativos para o ensino de Torção em cursos de Engenharia: uma experiência em sala de aula com o software GeoGebra. **Revista RENOTE**, Porto Alegre: UFRGS, v. 13, n. 1, jul. 2015.

COLOMBO, I. A.; ANJOS, D. A. S.; ANTUNES J. R. Pesquisa translacional em ensino: uma aproximação. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, Vitória, v. 3, n. 1, jun. 2019.

CONIF. **Histórico**. Disponível em: <https://portal.conif.org.br/br/rede-federal/historico-do-conif>. Acesso em: 12 out. 2021.

COSTA, J. M. **Proposta de uma metodologia para abordagem da conservação do momento angular no ensino médio**. 2015. 112 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

COSTA, J. V. **Evasão no PROEJA**: um estudo de diagnóstico no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Dissertação. 2016. 124 p. Campus Cuiabá. MT.

COSTA, F. L. M.; SOBRINHO, F. P.; DIAS I. E. F. **O perfil dos alunos do PROEJA no CEFET-CE**: o que pensam e o que desejam. Fortaleza: CEFETCE, 2007. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/tcc\\_o\\_per\\_fil.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/tcc_o_per_fil.pdf). Acesso em: 12 ago. 2021.

DURAN, R. J. A. **Mecânica Geral**: volume – Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 182p. 2019.

FRANZOI, N. L. et al. Escola, saberes e trabalho: a pesquisa do PROEJA no Rio Grande

do Sul. **Educação Realidade**, Porto Alegre, v. 35, n. 1, p. 168-179, 2010.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996. (Coleção Leitura).

FERREIRA, M. et al. Unidade de ensino potencialmente significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [São Paulo], v. 42, jun. 2020.

FERREIRA, M. et al. Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [São Paulo], v. 43, out. 2021.

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. Proposta de plano de aula para o ensino de física. **Physicae Organum**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 39-44, mar. 2019.

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. Teorias da Aprendizagem e da Educação Contemporânea em Prática de Ensino: Ausubel e Lipman. **Revista do Professor de Física – Brasília**, vol. 2, n. 2 – 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIMARÃES, R. Pesquisa translacional: uma interpretação. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6. jun. 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.; BIASI, R. S. **Fundamentos de Física**: mecânica. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. v. 1.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução Trieste Freire Ricci. Revisão técnica: Maria Helena Gravina. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

IFB. **Campus Samambaia**. Disponível em <https://www.ifb.edu.br/samambaia/pagina-inicial>. Acesso em 10 de out. 2021.

IFB. **Projeto Pedagógico Institucional**. Brasília – DF. Out. 2017. Disponível em: <https://www.ifb.edu.br/attachments/article/16333/Projeto%20Pedag%C3%B3gico%20Institucional%20-%20Alterado.pdf>. Acesso em 07/09/2020.

MAGALHÃES, G. L.; CASTIONI R. Educação profissional no Brasil – expansão para quem? **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 105, p. 732-754, out./dez. 2019.

**MÁQUINAS simples alavanca**. [S. l.: s. n.], 2016. 1 vídeo (12 min). Publicado pelo canal Rui Jaime Figueiredo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SL7bxTDh1Ew>. Acesso em: 26 nov. 2021.

MENDOZA, H. J. G. et al. Processo de assimilação na aquisição e retenção de significados segundo a teoria da aprendizagem significativa. **Revista Eletrônica Aprendizagem Significativa em Revista**, [s. l.], v. 2, p. 1-13, 2012.

MENESES, L. R. L. **Avaliação do impacto do auxílio permanência presencial na vida dos discentes do Instituto Federal de Brasília: um estudo de caso do Campus Samambaia**. Dissertação – Instituto Politécnico de Santarém – Escola Superior de Educação. Santarém. Portugal. 2018.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica**. 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/rede-federal-inicial/>. Acesso em: 12 out. 2021.

MORAES, G. H. **Identidade de escola técnica vs. vontade de universidade: a formação da identidade dos institutos federais**. 2016. 356 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MOREIRA, M. A. O mestrado (profissional) em ensino. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, Brasília, v. 1, n. 1, jul. 2004.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011a.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, v 1, n. 2, 2011b.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Curriculum**, La Laguna, v. 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M. L. (org.). **ACTAS DEL ENCUENTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO**, 1997. Burgos, España, 1997. p. 19-44.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 73- 80, 2018.

NASCIMENTO, F. B. **Sequência de práticas com recursos multimídia para ensino de eletromagnetismo no EJA e PROEJA**. 2017. 97p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física). Universidade Federal Fluminense – UFF. Volta Redonda – RJ.

NASCIMENTO, J. O. **O Ensino de Física por meio do uso de Ferramentas Tecnológicas: Um estudo de caso com o PROEJA**. 2015, 231 p. Lajeado – RS.

OLAVO, L. S. F.; AMATO, M. A. **Introdução à física**. Brasília: Editora UnB, 2013.

OLIVEIRA, A. L.; FILHO D. D.; VILELA JR., G. B.; HAUSER, M. W. **Cinesiologia**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2011.

PELLIZZARI, A. et al. Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2 n. 1, p. 37-42, jul. 2002.

PHET. **Simulações**: balançando. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_pt_BR.html)&gt;. Acesso em: 16 jul. 2019.

SCREMIN A. **Resultante de sistema de forças**. Disponível em: [http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM227/Prof\\_Adriano/Notas%20de%20aula/Cap.%204.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM227/Prof_Adriano/Notas%20de%20aula/Cap.%204.pdf). Acesso em: 10 out. 2021.

SCHULER C. G. **Uma experiência com o ensino de rotações no ensino médio**. 2016. 79 f. Monografia em física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SILVA, A. S.; SILVA, T. A.; SILVA, V. D. M.; OLIVEIRA, A. D. O. O uso de material concreto em aulas de física em uma escola de campo. **II CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO INCLUSIVA – II CINTEDI**, 2016. Campina Grande, 2016.

Universidade Federal do Paraná – UFPR – Mecânica IV: Estática. Jandaia do Sul. 2017. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/amp/12148138/>&gt;. Acesso em 05/09/2019.

VIRMOND, M. Mestrado profissional – uma síntese. **Salusvita**, Bauru, v. 21, n. 2, p. 117-130, 2002.

ZACARIA, E. G. D.; REBEQUE, P. V.; LIMA, F. B. G. de. Dez anos de criação dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia: sobre a oferta de licenciaturas nas áreas de ciências e matemática. **Tear**: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, Canoas, v. 9, n. 1, 2020.

# Anexo I

## Alavancas

Ao trocar o pneu de um carro utilizamos uma chave (chave de rodas em formato de L) que, em contato com a porca que prende a roda e estando sob a ação da força aplicada por nós, produz a rotação da porca, permitindo-nos a retirada da roda e a troca do pneu.

A retirada da porca com a chave citada torna-se mais fácil à medida que aumentamos o “braço” (tamanho) da chave, exigindo-nos menor quantidade de força para que possamos executar um mesmo trabalho.

Ações que executamos no cotidiano, como abrir uma porta, trocar o pneu de um carro utilizando uma “chave de rodas”, dentre outras circunstâncias, exigirá de nós menor quantidade de força se o braço da “alavanca” for aumentado.

Esta nova grandeza física associada ao movimento de rotação de um determinado corpo em razão da ação de uma força auxilia em tarefas do dia-a-dia, reduzindo o esforço mecânico.



**Figura 5.80** – A alavanca será rotacionada em virtude da aplicação da força F.

Fonte: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/momento-ou-torque-uma-forca.htm>> (modificado). Acesso em 10/11/2019.

Eis o conceito que justifica o motivo da maçaneta da porta de sua casa ficar longe da



dobradiça (polo), pois se estivesse próxima necessitaríamos de mais força para abri-la ou fechá-la.

Caso ainda tenha dúvida acerca das aplicações desta grandeza; tente abrir uma porteira aplicando a força bem próxima das dobradiças e verá o resultado.

# Apêndice A

## Plano de aula – 1º encontro

### 1. Identificação

Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Introdução da relação entre força e o giro de um corpo extenso

Duração prevista – 90 min (2 h/a)

### 2. Problema

Descobrir qual o conhecimento prévio que o aluno possui relacionado a redução do esforço mecânico associado a aplicação da força e o giro de um corpo extenso.

### 3. Objetivos

- Identificar situações no cotidiano que se obtém vantagens mecânicas.
- Refletir sobre as relações existentes entre a aplicação da força e o ponto de giro.

### 4. Conhecimento introdutório relevante

O aluno necessita de conhecimento prévio de como se representa um vetor e noção de força e distância.

## 5. Metodologia

A aula será dividida em dois tempos de 45 min. No primeiro momento os alunos terão que ler o texto Alavancas (2019) que foi modificada retirando a parte que envolvia as equações e os nomes do momento de uma força ou torque, considerando que a aula tem por objetivo identificar subsunçores relacionados as vantagens mecânicas.

Após a leitura do texto os alunos irão discutir em grupos colaborativos de no máximo 4 alunos situações que eles acham que podem envolver vantagens mecânicas. Após finalizada a discussão no pequeno grupo será entregue pelo professor uma atividade (anexa ao final deste plano de aula) em que os alunos terão que fazer esboços (desenhos) que envolvam estas situações discutidas, em que o aluno terá que aplicar seus conhecimentos prévios de vetores de força. Os desenhos devem relacionar os pontos de aplicação das forças e as distâncias em relação aos pontos de apoios.

Considerando a demora que envolveu as discussões nos pequenos grupos, a atividade proposta foi reduzida de 4 para 2 exemplos.

No segundo tempo da atividade um dos integrantes de cada pequeno grupo terá até 7 min para apresentar seus desenhos e as conclusões relacionadas as posições relativas ao afastamento ou aproximação das forças relativas ao ponto de giro, após apresentação os alunos podem intervir, com sugestões, dúvidas, críticas e elogios.

Nos últimos 15 min restantes, o professor fará um resumo de tudo que foi apresentado formalizando conceitos e representações, recolhendo o material feito pelos grupos para avaliações posteriores.

## 6. Recursos necessários

- Texto introdutório impresso – Alavancas (em anexo).
- Atividade impressa para cada aluno
- Pincel e quadro branco

## 7. Proposta de Avaliação

A proposta de avaliação será de uma avaliação mediadora levando o aluno a refletir a respeito da produção do seu próprio conhecimento. Introduzir uma perspectiva de ação avaliativa como mediação pela qual se encoraja o saber. Ação, movimento, provocação na tentativa da reciprocidade intelectual entre os elementos da ação educativa (Hoffmann, 2019). Neste contexto o professor não é só um mediador, mas

participa do processo na troca de ideias com os alunos coordenando suas ações e reorganizando-as, quando necessário.

(a) **Especificação dos elementos formais de avaliação**

Em um primeiro momento no pequeno grupo os estudantes devem expor suas ideias, quando serão avaliados pelo professor de forma individual, considerando que o professor deve estimular aqueles que não se sintam à vontade de se expor segundo Gonçalves e Ney (2010), diversas tarefas devem ser aplicadas sempre garantindo a espontaneidade do aluno ao realizá-las e toda produção deve ser valorizada. A divisão de pequenos grupos promove uma discussão mais espontânea considerando que ela não está hierarquizada pelo professor, deixando assim, o aluno mais a vontade com seus pares, na busca das melhores ideias a serem apresentadas, sendo mais uma forma do professor fazer a avaliação, agora do grupo.

Além das atividades em grupo, as tarefas também devem ser individuais porque a “avaliação mediadora” exige a observação individual de cada estudante. A diferença em relação ao esquema tradicional é que as tarefas devem ser menores e sucessivas, promovendo a investigação teórica e o entendimento, por parte do professor, das respostas apresentadas pelos estudantes. Como na teoria construtivista, o erro deve ter uma imagem mais positiva. Para alcançar o êxito em qualquer desafio apresentado, as pessoas tendem a aprimorar suas estratégias através da maior vivência de situações. Alguns erros podem ser descobertos e corrigidos pelos próprios alunos. Caso contrário, o professor pode auxiliá-los levando-os a pensar em soluções que antes não haviam pensado. (Gonçalves e Ney, 2010).

O professor deve anotar todas as observações feitas tanto individualmente quanto em grupo com a finalidade de acompanhar a evolução do aluno do decorrer do processo e avaliar cada crescimento e superação das dificuldades que vão aparecendo.

## 8. Referências bibliográficas

Alavancas. (modificado).

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/momento-ou-torque-uma-forca.htm>>

Acesso em 10/11/2019.

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. Proposta de plano de aula para o ensino de física. *Physicae Organum*, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

Gonçalves M. R. e Ney M. G. Contribuições da avaliação mediadora para a melhoria da qualidade da Educação. *Agenda Social*. v.4 , n.2, mai-ago / 2010, p. 96-98.

Offmann J. M. L. Avaliação Mediadora: Uma Relação Dialógica na Construção do Conhecimento. Disponível em <http://www.dn.senai.br/competencia/src/contextualizacao/celia-avaliacaomediadoraJussaraHoffmam.pdf>. Acesso em 05/11/2019.

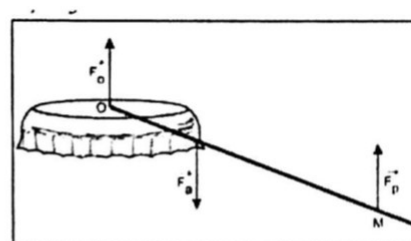
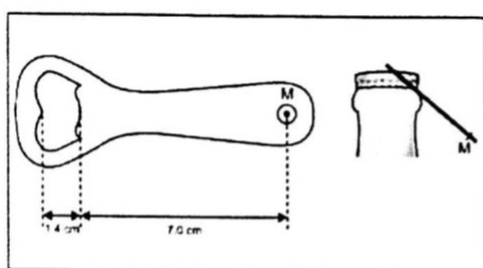
# Apêndice B

## Roteiro - 1º Encontro para confecção da UEPS – Sequência didática – Proeja

Grupo:

Dado o texto “Alavancas” e com base nas discussões relativas ao texto, façam dois esboços (desenhos) com exemplos do nosso cotidiano, envolvendo algumas tecnologias (dispositivos), na qual, podemos obter vantagem mecânica (diminuição de esforço ou força), indicando as forças por meio de vetores. Com seus respectivos pontos de aplicação, em relação ao ponto de apoio (giro), justificando caso se aproxime, ou se afaste do ponto de aplicação da força em relação a este ponto de giro.

Exemplo:



$\vec{F}_o$  = força exercida pela pessoa que opera o abridor  
 $\vec{F}_a$  = força de reação que a tampinha exerce no abridor na região da borda da tampinha  
 $\vec{F}_D$  = força de reação que a tampinha exerce no abridor na região central da tampinha.

Esboço 1

## Esboço 2

### 2º encontro

| Material a ser ensinado          | Estratégia utilizada                                                                                                 | Referencial associado                                                                                                   | Proposta de avaliação                                                                   |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Relação entre força e distância. | - Ferramentas de uso cotidiano para percepção da relação entre força e distância para obtenção de vantagem mecânica. | - Conceito de assimilação, que, é contrastado a outro mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. | - Participações por meio de perguntas e respostas demonstram diferenciação progressiva. |
|                                  | - Grupos colaborativos                                                                                               | - A divisão de grupo promove a interação entre os alunos para melhor investigação                                       | - Anotações do professor das respostas dos estudantes.                                  |
|                                  | - Apresentação ao grande grupo                                                                                       | - Busca fazer uma grande comunidade de investigação.                                                                    | - Apresentação dos esboços pelos integrantes do grupo                                   |

**Tabela 5.17:** Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 2º encontro.

O segundo encontro destinou-se a fazer a relação entre força e distância, conforme objetivos e roteiros que se seguem. Como foi percebido por esse autor que os estudantes tinham como subsunçor a percepção de que a força era uma grandeza que gerava o torque, mas não a relacionavam à vantagem mecânica, do ponto de aplicação dessa força e à distância em relação ao ponto de giro, esse encontro se fez necessário por não ter ficado evidente esta relação no encontro anterior para o grupo pesquisado. No caso de reaplicação desse produto, se os envolvidos tiverem essa relação como subsunçor de forma clara e estável, poderá pular esse encontro e ir direto para o terceiro.

# Apêndice C

## Plano de aula – 2º encontro

### 1. Identificação

Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Percepção da relação da força aplicada em pontos distintos com ferramentas do cotidiano.

Duração prevista – 90 min (2 h/a)

### 2. Problema

Identificar se o aluno tem a percepção de que, para uma mesma ferramenta a força aplicada pode modificar dependendo do ponto de aplicação.

### 3. Objetivos

- Fazer uma relação de proporcionalidade entre a força e a distância em relação ao ponto de aplicação da força com ferramentas de uso cotidiano.

### 4. Conhecimento introdutório relevante

O aluno necessita de conhecimento prévio de força, distância e centro geométrico.

### 5. Metodologia



A turma será dividida em quatro grupos de no máximo 5 integrantes, de tal forma que cada grupo fará uma atividade disposta na bancada anexa a este plano de aula. Cada atividade terá um tempo de 20 minutos, após este tempo os grupos trocarão de bancada até completar todas as atividades propostas. Os 20 minutos finais serão para conclusões e análises das situações apresentadas com a explicação e fechamento do professor.

As quatro atividades propostas são para criar uma relação entre a força e o ponto de aplicação da força, sendo da seguinte maneira: Na bancada 1 teremos um alicate com mola de força elástica inicial constante, a atividade pede para o aluno pressionar em três pontos diferentes: extremidade, meio e próximo a mola, o aluno terá a percepção das intensidades das forças aplicadas em cada um desses pontos e terá que relacioná-la ao as distâncias destes pontos com a intensidade da força em caderno e individual. Depois todos os integrantes do grupo terão que fazer a mesma coisa e no final uma discussão em grupo para descrever na atividade a conclusão tirada pelo grupo.

Na bancada 2 os alunos terão que usar os cachimbos (ver figura no final deste plano) e uma régua de 60 cm para colocar em equilíbrio pesos diferentes em posições diferentes. Esta atividade é em grupo, pelo método de tentativa e erro colocam aleatoriamente os pesos sobre a régua que estará apoiada em seu centro de massa, suspensa e em equilíbrio estático. Ao colocar os cachimbos em cada lado da régua, com pesos diferentes, os alunos tirarão a régua da posição de equilíbrio, assim, devem posicionar os cachimbos com as distâncias convenientes em relação aos seus centros de massa e fazer a relação entre os pesos e estas distâncias em relação a este centro.

A bancada 3 é uma atividade em grupo, mas feita em dupla. Um aluno segura firme o extensor (ver figura no final deste plano) acoplado a chave de catraca, o outro aluno irá aplicar forças em três pontos diferentes na chave. À medida que se aplica as forças, ele pergunta ao colega se está fazendo mais ou menos esforço para o extensor não girar em cada uma das situações. Depois que todos os integrantes do grupo fizerem a mesma atividade colocar na atividade as percepções do grupo.

Na bancada 4, teremos um parafuso sextavado fixo e apertado adequadamente, sempre na mesma posição, cada integrante do grupo irá tentar tirar o parafuso apenas posicionando o dedo indicador na chave inglesa (ver figura na atividade no final deste plano de aula) e começando a aplicar a força próximo ao parafuso e afastando até

que ele sofra o giro, caso o aluno consiga aplicar esta força. Depois que todos os integrantes fizerem esta atividade colocam as conclusões do grupo.

Após todos os grupos realizarem o roteiro de todas as atividades, será aberto um espaço para exporem as conclusões mediado pelo professor. Ao final entregarão suas atividades para ser avaliada pelo professor.

## 6. Recursos necessários

- Roteiro com as atividades propostas para cada grupo.
- Régua rígida de 60 cm.
- Cachimbos sextavados para chave com catraca.
- Chave catraca.
- Chave inglesa.
- Alicates torque com mola.
- Extensor para chave de catraca.

## 7. Proposta de Avaliação

A proposta de avaliação será em duas etapas: uma avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) ao longo das atividades, buscando evidências de aprendizagem significativa em cada uma das situações propostas e a segunda será a clareza em que o grupo relatou as conclusões em cada etapa considerando parâmetros como coerência, organização das ideias e a conclusão de uma equação que relacione as grandezas envolvidas.

### (a) Especificação dos elementos formais de avaliação

Na avaliação formativa, os alunos serão avaliados pelas discussões e a interpretação em realizar as situações propostas em cada experimento, observando os alunos de forma individual com suas propostas e conclusões em cada uma das situações valorizando cada produção, depois avaliando o grupo e suas discussões.

O professor anotará todas as observações feitas tanto individualmente quanto em grupo com a finalidade de acompanhar a evolução do aluno do decorrer do processo e avaliar cada crescimento e superação das dificuldades que vão aparecendo (MOREIRA, 2011).

A avaliação também será somativa buscando determinar se foi atingido o objetivo da atividade ao final de cada experimento.

#### 8. Referências bibliográficas

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. **Proposta de plano de aula para o ensino de física.**

Physicae Organum, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

GONÇALVES, M. R.; NEY, M. G. Contribuições da avaliação mediadora para a melhoria da qualidade da Educação. **Agenda Social.** v. 4 , n. 2, p. 96-98, mai-ago, 2010.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, 43. 2011.

# Apêndice D

## 2º encontro para confecção de uma Ueps – Proeja – módulo 1

Grupo:

Instruções:

- A turma será dividida em quatro grupos de no máximo 5 alunos;
- Cada grupo escolherá uma bancada e assim que finalizar as atividades propostas troca para outra bancada, até finalizar todas as atividades em cada bancada.
- Para cada atividade discutir com os integrantes do grupo e fazer as devidas anotações das conclusões encontradas.
- Ao final de todas as atividades apresentar para o grande grupo seus resultados para discussão e fechamento.

Bancada 1 – Alicates com molas

Aplicar uma força em três pontos do alicate (extremidade, meio e próximo ao ponto de giro) até que ele se feche e fazer a relação entre a força aplicada e o ponto de aplicação da força, comparando a intensidade da força aplicada em cada um dos pontos. Fazer as devidas anotações após discussão com os integrantes do grupo.

Bancada 2 – Extensor e chave inglesa (chave de boca)

Esta atividade será feita em dupla, mas todos os integrantes do grupo devem realizá-la.

Um dos alunos da dupla segura e extensor com força, sem deixar girar. Já o outro tenta girar a chave aplicando força em dois pontos da chave – próximo ao extensor e na extremidade oposta da chave. Os dois integrantes discutem em que posição precisaram fazer mais força para realizar a tarefa. Após realizar o experimento os dois integrantes trocam de posição. Todos os integrantes do grupo devem realizar a tarefa.

Ao finalizarem façam as devidas anotações em relação as conclusões do grupo.

### Bancada 3 – Retirar uma “porca” devidamente apertada

Cada integrante do grupo deverá usar a chave inglesa para retirar o parafuso que deverá ser apertado pelo professor aplicando uma força com o dedo em três pontos da chave – extremidade, meio e próximo a porca. Caso consiga tirar o parafuso, explique para o grupo em qual situação a tarefa foi realizada com mais facilidade. Após todos os integrantes realizarem a tarefa façam as devidas conclusões.

### Bancada 4- Condições de equilíbrio com os cachimbos.

Colocar a régua em equilíbrio sem nada sobre ela. Utilize qualquer objeto para realizar esta etapa. Depois utilizando os cachimbos sobre a bancada coloque-os sobre pontos opostos sobre a régua e anote suas posições e compare com suas massas (caso tenha dúvida, cada chave tem um número, quanto maior o número, maior a massa. Qual a relação encontrada entre a massa e a distância em relação ao ponto de equilíbrio? Faça as devidas anotações após discussão com o grupo.

Ao finalizarem aguardem todos os outros grupos para uma discussão geral.

Guardem todo o material das bancadas e entreguem as anotações ao professor para que seja feita as devidas avaliações.

### 3º encontro

| Material a ser ensinado                                   | Estratégia utilizada |                           | Referencial associado                                                                                                | Proposta de avaliação                                                                  |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Equação de momento de uma força e condições de equilíbrio | Aula expositiva      |                           | Conceito de assimilação, que, é contrastado a outro mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo | Participações por meio de perguntas e respostas demonstram diferenciação progressiva.  |
|                                                           | Plataforma Phet      | Introdução                | Assimilar os conceitos apresentados nos encontros anteriores                                                         | Correção da atividade em busca de evidências de aprendizagem significativa progressiva |
|                                                           |                      | Laboratório de equilíbrio | Reconciliação entre as diferenças e semelhanças dos conceitos                                                        |                                                                                        |
|                                                           |                      | Jogo                      |                                                                                                                      | Avaliação somativa recursiva                                                           |

**Tabela 5.18:** Quadro 4: Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 3º encontro.

Nesse encontro, foi dada uma aula expositiva com organizador prévio, apresentado as equações de momento e condições de equilíbrio, para depois passar para as atividades. É importante que nesse primeiro momento o professor esteja atento as perguntas dos alunos e faça as anotações dos que possuem mais dificuldades para que possa acompanhar de perto no momento da atividade no PHET.

O professor poderá adequar seu roteiro atrelado aos subsunçores dos estudantes envolvidos, aumentando ou diminuindo o grau de dificuldade, e ainda com a possibilidade da a avaliação somativa na etapa “JOGO” escolher o nível adequado para turma.

# Apêndice E

## Plano de aula – 3º encontro

### 1. **Identificação** Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Simulações envolvendo equilíbrio do momento de uma força

Duração prevista – 90 min (2 h/a)

### 2. **Problema**

- Relacionar matematicamente força e braço em condições de equilíbrio ou não.

### 3. **Objetivos**

- Apresentar a equação de momento de uma força e relacioná-la a várias simulações na plataforma PHET em condições de equilíbrio ou para gerar torque.

### 4. **Conhecimento introdutório relevante**

- Relação entre força e distância para obter vantagem mecânica.

### 5. **Metodologia**

No início da aula o professor irá apresentar a equação de momento de uma força de maneira expositiva, utilizando as situações das aulas anteriores para que os alunos

descubram está relação. Depois, os alunos serão levados ao laboratório de informática para que individualmente façam simulações no PheT (PhysicsEducation Technology – site de simulações interativas da Universidade do Colorado: simulação balanço, link <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics)> no qual serão encontradas três simulações interativas: introdução, laboratório de equilíbrio e jogo, com acesso no link movimento/balançando, que descrevem situações de demonstram equilíbrio e giro. Cada aluno seguirá o roteiro proposto pelo professor e fará suas anotações de forma individual. Após esta atividade, os alunos farão no PheT o laboratório de equilíbrio, uma atividade que exige mais raciocínio, aumentando gradativamente o nível de compreensão do conteúdo. Para Ausubel fica mais fácil o aluno organizar seus subsunçores em tópicos sequenciados de forma hierárquica. Por fim, será realizado o jogo, com simulações que envolvem 6 situações de dificuldades gradativas, e servirá como avaliação individual de cada aluno. Essa avaliação é de caráter somativo, na qual a cada situação o aluno terá que tomar uma decisão em relação ao problema apresentado. Para cada acerto na primeira tentativa ganhará 2 pontos, caso erre poderá tentar novamente, mas a pontuação será de 1 ponto, se errar novamente será dada a resposta para continuar jogando.

## 6. Recursos necessários

- Computador com acesso à internet (acessar a plataforma PHET)
- Roteiro da aula
- Quadro e pincel

## 7. Proposta de Avaliação

Conforme dito anteriormente, o site possui uma avaliação somativa; como não é adequado que a avaliação da aprendizagem significativa seja apenas somativa, serão solicitadas nas etapas de introdução e laboratório de equilíbrio, as anotações dos alunos, que serão consideradas como avaliação formativa. É importante que a avaliação seja recursiva (aproveitando o erro), possibilitando que o aluno refaça as tarefas de aprendizagem, nesse sentido a plataforma dá a oportunidade de refazer, mesmo que apenas uma vez.

### (a) Especificação dos elementos formais de avaliação



Na avaliação formativa os alunos serão avaliados pelas anotações e os resultados das situações propostas no roteiro, observando os alunos de forma individual com suas perguntas e conclusões em cada uma das situações valorizando cada produção. A avaliação também será somativa buscando dentro da simulação jogo.

## 8. Referências bibliográficas

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. **Proposta de plano de aula para o ensino de física**. Physicae Organum, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

GONÇALVES, M. R.; NEY, M. G. Contribuições da avaliação mediadora para a melhoria da qualidade da Educação. **Agenda Social**. v. 4 , n. 2, p. 96-98, mai-ago, 2010.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, 43. 2011.

PHET. Simulações: **balançando**. Disponível em :<[https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_pt_BR.html)>. Acesso em 16/07/2019.

# Apêndice F

## 3º encontro

Realizar as atividades apresentadas a seguir na plataforma PHET

Aluno:

. Módulo I.

- A atividade será feita individualmente.
- Na plataforma PHET de seu computador abra a simulação balançando.
- Se algum aluno tiver dificuldade chame o professor.
- Todos os computadores já estão com a plataforma aberta.

Iremos dividir a aula em etapas. Na finalização de cada etapa passe para próxima sem aguardar que todos finalizem.

### 1ª etapa – **Simulação Balançando**

Na aba MOSTRAR marcar todos os itens – mostradores de massas, forças dos objetos e nível. Na aba POSIÇÃO clicar em régua.

Faça o que se pede:

Situação 1 – Coloque o extintor 1 m a direita do ponto de giro e a lixeira 1m a esquerda.

Descreva o ocorrido e justifique.

Situação 2 – Coloque a lixeira a 0,5 m do ponto de equilíbrio a direita e o extintor a 2 metros a esquerda.

Descreva o ocorrido e justifique.

Situação 3 – Coloque a lixeira a 0,75 m do ponto de giro e o extintor a 1,5m do lado oposto. Descreva o ocorrido e justifique.

**2ª Etapa – Laboratório de Equilíbrio.** Na aba MOSTRAR marcar todos os itens – mostradores de massas, forças dos objetos e nível. Na aba POSIÇÃO clicar em régua.

Situação 1 – Escolha dois tijolos quaisquer (desde que sejam diferentes) e os coloquem em posições opostas em relação ao ponto de giro em quaisquer distancias até que fiquem em equilíbrio estático.

Demostre a situação de equilíbrio por meio de cálculos.

Situação 2 – Coloque o tijolo de 20 kg a direita do ponto de giro e os tijolos de 5 kg e 10 kg a esquerda, até encontrar um ponto de equilíbrio.

Demonstre a situação de equilíbrio por meio da equação de momento.

### 3ª Etapa – Jogo

Clique no nível 1 do jogo e faça os seis desafios – após finalizar coloque a nota final no quadro abaixo e entregue este roteiro ao professor.

#### 4º encontro

| Material a ser ensinado | Estratégia utilizada                 | Referencial associado                                                                                                        | Proposta de avaliação                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Revisão                 | Vídeo “Máquinas simples e alavancas” | Consolidação – feedback sequencial e organizado                                                                              | - Participações por meio de perguntas e respostas demonstram diferenciação progressiva.              |
|                         | Lista de exercícios                  | Material potencialmente significativo - lista de exercícios aumentando, gradativamente, o grau de dificuldade dos exercícios | Discussão em sala da solução da lista com intervenções dos alunos e correção individual do material. |

**Tabela 5.19:** Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 4º encontro.

O vídeo foi escolhido por ser um resumo de todos os encontros anteriores, dando possibilidade dos alunos retroalimentarem os conceitos vistos e estabilizar os subsunçores. O feedback serve para clarificar, corrigir e confirmar por meio da revisão ou no decurso da exposição repetida, o material de aprendizagem. Depois, a lista de exercícios com atividades que aumentavam o grau de dificuldade de maneira hierárquica culminado em um problema envolvendo situação na construção civil. Serviu tanto como avaliação qualitativa, pois, foi corrigida em sala, dando oportunidade de rever as respostas dadas e tirar as dúvidas nesse momento, e ainda, como avaliação somativa.

## Plano de aula - 4º encontro

### 1. **Identificação** Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Vídeo para consolidação da grandeza momento de uma força e lista de exercícios para estabilidade do material. Duração prevista – 90 min (2 h/a)

### 2. **Problema**

- Verificar se há estabilidade dos subsunçores dos alunos

### 3. **Objetivos**

- Verificar se houve indícios de aprendizagem significativa por meio de aplicação de problemas que envolvem o conceito de momento de uma força.

### 4. Conhecimento introdutório relevante

- Equação do momento de uma força e condições de equilíbrio de um corpo extenso.

### 5. Metodologia

Vídeo introdutório “máquinas simples e alavancas” para fazer um apanhado de tudo que foi visto nos encontros anteriores e uma lista de exercícios com grau de dificuldade crescente no nível de aprendizagem de alunos do ensino básico da disciplina física aplicada.

### 6. Recursos necessários

- Projetor e computador
- Internet
- Lista de exercícios
- Quadro e pincel

## 7. Proposta de Avaliação

Ao assistir ao vídeo os alunos farão intervenções durante a apresentação mostrando as semelhanças entre o que foi feito nos encontros anteriores e o que está sendo apresentado no vídeo.

A lista de exercícios será avaliada individualmente pelo professor no decorrer da solução com intervenções individuais e coletivas quando assim achar necessário. Após término da resolução será recolhida para correção e apresentado seu resultado no próximo encontro.

- (a) **Especificação dos elementos formais de avaliação** A cada intervenção dos alunos, eles serão avaliados de maneira individual com anotações feitas pelo professor. Na resolução da lista, serão feitas perguntas relativas as dúvidas para que o próprio aluno construa sua resposta. Finalmente, haverá mais uma avaliação somativa, que é a própria correção da lista.

## 8. Referências bibliográficas

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. **Proposta de plano de aula para o ensino de física.** Physicae Organum, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

MÁQUINAS SIMPLES E ALAVANCAS. Youtube. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=SL7bxTDh1Ew>>. 13 de abril de 2016.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 43. 2011.

# Apêndice G

## Plano de aula – 4º encontro

### 1. Identificação

Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Vídeo para consolidação da grandeza momento de uma força e lista de exercícios para estabilidade do material. Duração prevista – 90 min (2 h/a)

### 2. Problema

- Verificar se há estabilidade dos subsunçores dos alunos

### 3. Objetivos

- Verificar se houve indícios de aprendizagem significativa por meio de aplicação de problemas que envolvem o conceito de momento de uma força.

### 4. Conhecimento introdutório relevante

- Equação do momento de uma força e condições de equilíbrio de um corpo extenso.

### 5. Metodologia

Vídeo introdutório “máquinas simples e alavancas” para fazer um apanhado de tudo que foi visto nos encontros anteriores e uma lista de exercícios com grau de dificuldade

crescente no nível de aprendizagem de alunos do ensino básico da disciplina física aplicada.

## 6. Recursos necessários

- Projetor e computador
- Internet
- Lista de exercícios
- Quadro e pincel

7. **Proposta de Avaliação** Ao assistir ao vídeo os alunos farão intervenções durante a apresentação mostrando as semelhanças entre o que foi feito nos encontros anteriores e o que está sendo apresentado no vídeo.

A lista de exercícios será avaliada individualmente pelo professor no decorrer da solução com intervenções individuais e coletivas quando assim achar necessário. Após término da resolução será recolhida para correção e apresentado seu resultado no próximo encontro.

- (a) As cada intervenção dos alunos, eles serão avaliados de maneira individual com anotações feitas pelo professor. Na resolução da lista serão feitas perguntas relativas as dúvidas para que o próprio aluno construa sua resposta. A finalmente terá mais uma avaliação somativa que é a própria correção da lista.

## 8. Referências bibliográficas

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. **Proposta de plano de aula para o ensino de física.** Physicae Organum, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

MÁQUINAS SIMPLES E ALAVANCAS. Youtube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=SL7bxTDh1Ew>>. 13 de abril de 2016.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, 43. 2011.



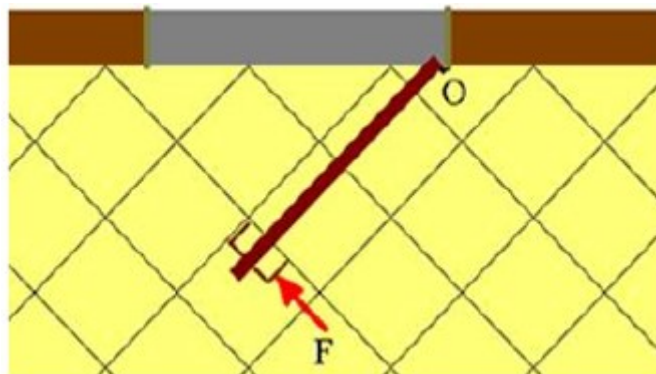
# Apêndice H

## Lista de exercícios - 4º encontro

Turma PROEJA – Técnico em edificações

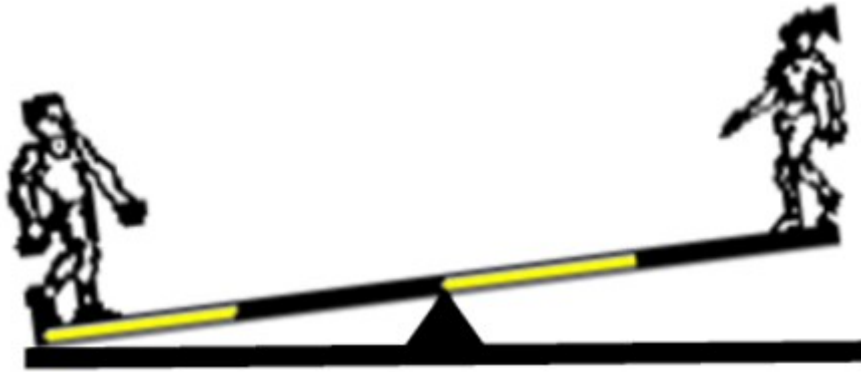
Aluno:

1. Suponha que para fechar uma porta de 0,8 metros de largura, uma pessoa aplica perpendicularmente a ela uma força de 3 N, como mostra a figura abaixo. Determine o momento dessa força em relação ao eixo O e o sentido do giro visto por um observador olhando para esta folha.

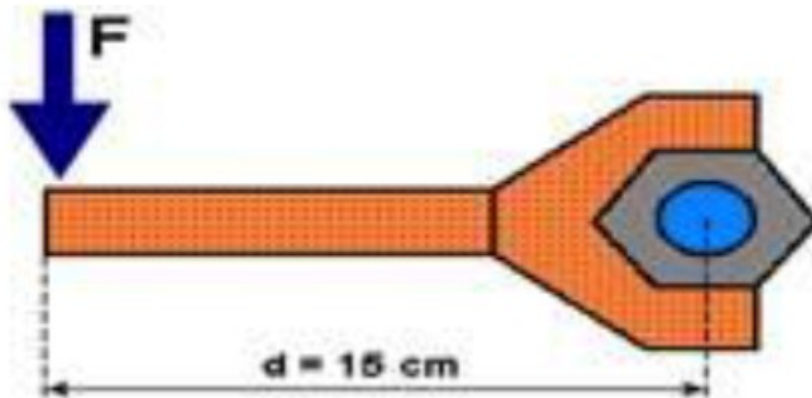


Fonte: <<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-momento-uma-forca.htm>>. Acesso em 18/11/2019.

2. Um rapaz de 100 kg e uma garota de 50 kg estão em uma gangorra conforme figura abaixo, descreva qual a condição para que a gangorra fique na posição horizontal, indicando por meio de vetores, com intensidade proporcional ao peso de cada um.



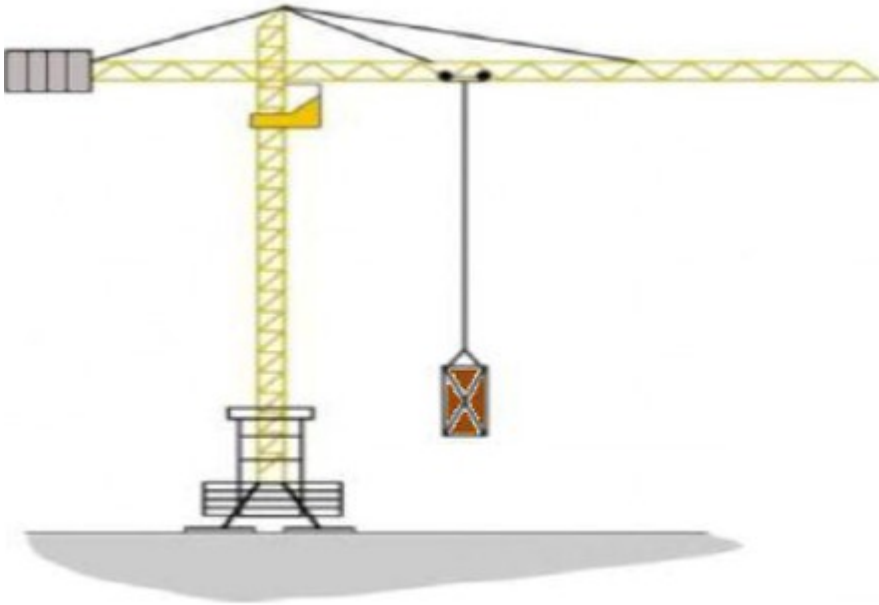
3. A figura representa a força aplicada na vertical, sobre uma chave de boca. O ponto de aplicação da força dista 15 cm do centro da porca e o módulo da força máxima aplicada é  $F = 600\text{ N}$ . Nesta situação, determine o momento da força necessário para que uma pessoa esteja próxima de desatarraxar a porca.



4. (UFRRJ-RJ) Na figura abaixo, suponha que o menino esteja empurrando a porta com uma força  $F_m = 5\text{ N}$ , atuando a uma distância  $2\text{ m}$  das dobradiças (eixo de rotação), e que o homem exerça uma força  $F_h = 80\text{ N}$ , a uma distância de  $10\text{ cm}$  do eixo de rotação.



Nestas condições, pode-se afirmar que:



- (a) a porta estaria girando no sentido de ser fechada.
- (b) a porta estaria girando no sentido de ser aberta.
- (c) a porta não gira em nenhum sentido.
- (d) o valor do momento aplicado à porta pelo homem é maior que o valor do momento aplicado pelo menino.
- (e) a porta estaria girando no sentido de ser fechada, pois a massa do homem é maior que a massa do menino

Justifique sua resposta.

5. (FCM-PB - Modificado) O guindaste (também chamado de grua e, nos navios, pau de carga) é um equipamento utilizado para a elevação e a movimentação de cargas e materiais pesados, assim como a ponte rolante a partir do princípio da física no qual uma ou mais máquinas simples criam vantagem mecânica para mover cargas além da capacidade humana. São comumente empregados nas indústrias, terminais portuários e aeroportuários, onde se exige grande mobilidade.

no manuseio de cargas e transporte de uma fonte primária à embarcação, trem ou elemento de transporte primário, ou mesmo avião, para uma fonte secundária, um veículo de transportes ou depósitos locais. Podem descarregar e carregar contêineres, organizar material pesado em grandes depósitos, movimentação de cargas pesadas na construção civil e as conhecidas pontes rolantes ou guindastes móveis muito utilizados nas indústrias de laminação e motores pesados.

Um aluno, de posse de um simulador, projeta a Grua acima com as seguintes características: o braço maior da Grua tem comprimento de 16 metros, o braço menor, 4 m; o contrapeso na extremidade do braço menor tem uma massa equivalente a 0,5 toneladas, cujo centro de massa coincide com a extremidade do braço menor. A barra horizontal possui massa desprezível e a barra vertical está rigidamente fixada. De acordo com o projeto acima descrito, calcule o peso máximo que essa Grua poderá levantar sem tombar sem sofrer deflexão.

# Apêndice I

## Produto Educacional

### Produto Educacional

#### Apresentação

Caros(as) professores(as),

Este produto educacional foi criado para auxiliar professores de física em cursos técnicos em edificações, mas não apenas, no ensino dos conceitos de momento de uma força, podendo ser expandido para outras áreas e conteúdos, desde que, adequadamente modificados para as áreas e públicos envolvidos. Ele se apoia na Teoria de Aprendizagem Significativa – TAS – de Ausubel (2003) no qual a o processo de ensino-aprendizagem está ancorada nos conhecimentos prévios do estudante, chamados de subsunçores, com o objetivo de produzir uma aprendizagem contextual ressignificada.

Dois fatores são importantes na aplicação do produto educacional com base na teoria de Ausubel: o processo no qual a nova informação se relaciona tem que se dá de maneira substantiva e não arbitrária (MOREIRA 2011a). Substantiva significa, não ao pé da letra, ou seja, não precisa ser ensinado palavra por palavra, o mais importante é esse conteúdo ter substância na estrutura cognitiva do estudante, já, não arbitrária, significa que a nova informação tem que ter alguma compreensão de quem vai aprender, mesmo que seja um conhecimento básico.

Considerando que a Teoria de Ausubel é uma teoria descritiva da aprendizagem cognitiva, foi utilizada uma sequência didática para articular a uma teoria da educação de natureza normativa, e ainda, organizar por meio de etapas (passos) os encontros didáticos para aplicação em sala de aula (FERREIRA; FILHO, 2018). A sequência didática utilizada neste produto educacional é de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS),

proposta por Moreira (2011b), que será usada, como dito anteriormente, para associar a TAS a uma metodologia educacional, para, assim, possibilitar indícios de aprendizagem significativa.

As etapas devem ser divididas de acordo com a complexidade dos conceitos envolvidos, do público, e ainda, a estrutura da instituição na qual será aplicado o projeto, tais quais: carga horária da disciplina, estrutura física, laboratórios, dentre outros. O professor deve avaliar essas condições antes de fazer os planejamentos de suas aulas, podendo-se inspirar nas que são aqui apresentadas.

No caso deste produto educacional, o conteúdo a ser ensinado era a grandeza momento de uma força associada as condições de equilíbrio de um corpo extenso, para aplicação em uma turma do módulo inicial da Educação de Jovens e Adultos integrado ao curso técnico em Edificações, como suporte para disciplina de cálculo estrutural 1.

O produto foi aplicado no Instituto Federal de Brasília – Campus Samambaia, no ano de 2019, em cinco encontros, com duração de duas horas/aulas cada encontro (uma hora e meia). As análises dos dados indicam que em mais de 80% da turma esteve presente em todas as etapas de sua aplicação, e que no decorrer desses encontros apresentaram indícios de aprendizagem significativa, nos conceitos apresentados.

Para apoiar a reutilização deste produto educacional, primeiramente, será feita uma breve revisão acerca de momento de uma força e as condições de equilíbrio, para, depois, tratarmos da sequência didática, apresentando uma síntese dos encontros e os respectivos passo a passo, detalhando cada aula com seus planos de aulas e os roteiros de atividades e avaliação que os envolvem.

É importante salientar que este Produto Educacional é uma parte independente de uma dissertação de mestrado, que possui o mesmo título, e que seus apontamentos possuem maiores detalhes que envolvem todo o projeto, podendo ser consultada, em caso de interesse<sup>6</sup>, mas não necessariamente, para aprofundamento no referencial teórico e na construção, aplicação e avaliação de uma UEPS em tópico de física na Educação Básica.

Enfim, em caso de interesse na reaplicação deste produto e visando ao seu êxito, recomenda-se verificar a compatibilidade contextual e alinhar os procedimentos didáticos em consonância. Boa leitura a todos(as)!!!

---

<sup>6</sup><http://mnpf.unb.br/dissertacoes>

## Conceitos envolvendo momento de uma força

Em várias situações-problema, este autor precisou usar momento de uma força ou torque para poder solucionar certos contratempos da vida cotidiana. Lembro-me de quando fui ao parque com minha filha, Maria Clara, atualmente com 07 anos, e ela quis brincar de gangorra... Situação desconfortável, pois eu não poderia sentar do outro lado do brinquedo em virtude de minha massa ser quatro vezes maior do que a dela à época, de modo que ela ficaria de “castigo” no ponto mais alto do brinquedo. Assim, fiz uma proposta de irmos a outro lugar. Há um parquinho no Centro Cultural do Banco do Brasil (CCBB), em Brasília, cujo “braço” da gangorra é móvel. Dessa forma, pude fazer uma relação entre a minha distância em relação ao ponto de giro e a dela, relacionada às nossas massas, passando uma tarde agradável.

Em outra situação, chamei um técnico para resolver o problema do meu portão de entrada. Um portão grande de ipê, de massa em torno de 300 kg, o qual vinha quebrando rotineiramente. O diagnóstico foi que o portão era muito “pesado” para ser rotacionado pelo motor; logo, teríamos de trocar o portão. Chamei minha filha Maria Clara, destravei os “braços” do motor e pedi para minha filha fechar o portão, e ela, sem esforço algum, o fechou. Resultado: o técnico foi embora e eu mesmo resolvi o problema.

O que essas duas situações têm em comum? As grandezas força e distância envolvidas estão relacionadas a um ponto de giro, gerando uma nova grandeza, a qual é chamada de torque ou de momento de uma força, que podemos definir como a tendência de giro que um corpo extenso apresenta ao se aplicar uma força nesse corpo.

Hewitt (2011) descreve torque como a contrapartida da força rotacional, isto é, caso queira mudar o estado de velocidade de movimento de um corpo, aplique uma força resultante diferente de zero. Contudo, caso queira mudar o estado rotacional de um corpo, exerça sobre ele um torque. Para Hewitt, torque difere a força da mesma maneira que a inércia rotacional se diferencia da inércia ordinária e ambas envolvem a distância ao eixo de rotação. Essa distância, designado braço de alavanca, é que nos dá a vantagem mecânica.

Segundo Halliday et al. (1996), torque significa “torcer”, identificado pela ação de uma força para torcer ou virar algo. Ao aplicarmos uma força em uma chave de boca na intenção de girá-la, estamos aplicando um torque. E, por fim, Olavo e Amato (2013) descrevem que, em situações mais gerais, considerando as dimensões geométricas do corpo, ao se aplicar uma força, esse corpo poderá não só sofrer movimento de translação, mas também de

rotação. No caso de um bastão preso em uma de suas extremidades, ao aplicar uma força, o bastão gira em torno desse ponto fixo. A relação entre a força e a distância do ponto de aplicação dessa força ao ponto de giro define uma nova grandeza – torque. E, ainda, uma vez que a rotação pode ocorrer de duas formas distintas (sentido horário ou anti-horário), a grandeza possui propriedades vetoriais, já que está associada a uma direção e a um sentido. Por conseguinte, daqui para frente representaremos a grandeza torque de forma vetorial e pela letra  $\vec{\tau}$  (tau). Além disso, por ser uma grandeza vetorial devemos definir intensidade, direção e sentido.

A intensidade do torque é dada pelo produto vetorial:

$$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d} \quad (5.1)$$

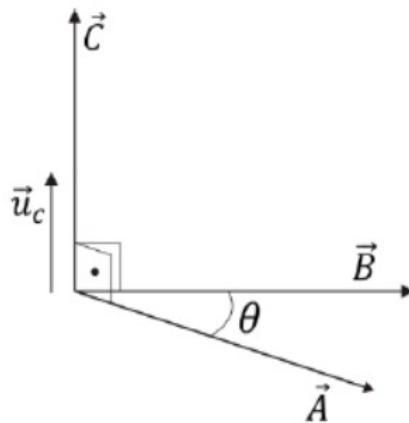
onde:

$|\vec{\tau}|$  é a intensidade do torque;

Direção: perpendicular ao plano de tangência de rotação.

Sentido: dado pela regra da mão direita.

Assim, o produto vetorial pode ser definido da seguinte forma: dados os vetores  $\vec{A}$  e  $\vec{B}$ , cujo produto vetorial é dado por  $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$ , em conformidade com a figura a seguir:



**Figura 5.1** – Produto vetorial.

Fonte: Adaptado de Scremin (2021, p. 1).

O vetor  $\vec{C}$  é perpendicular ao plano definido pelos vetores  $\vec{A}$  e  $\vec{B}$  e sua intensidade:

$|\vec{C}| = |\vec{A}||\vec{B}| \cdot \text{sen}\theta$ , em que  $\theta$  é o ângulo formado entre os vetores  $|\vec{A}|$  e  $|\vec{B}|$ .

Logo, para  $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$ , temos que a intensidade do torque é dada pela equação:

$$|\vec{\tau}| = |\vec{F}||\vec{d}| \cdot \text{sen}\theta \quad (5.2)$$

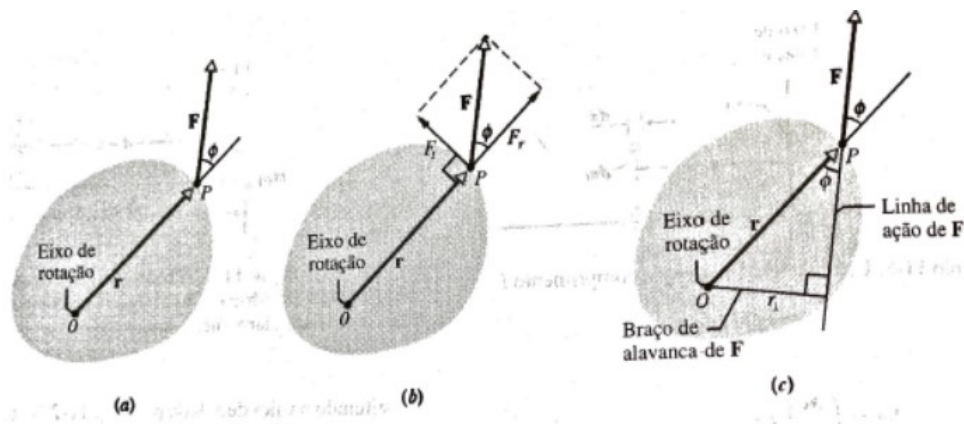


Considerando que, para o Ensino Médio, temos que a direção da força  $\vec{F}$  é sempre perpendicular ao braço da alavanca  $\vec{d}$ , então:

$$|\vec{\tau}| = |\vec{F}||\vec{d}| \quad (5.3)$$

Dessa forma, ao falarmos de torque no Ensino Médio, precisamos considerar que a força será sempre perpendicular ao braço da alavanca. Mas caso não seja? A resposta é simples: decomposmos a força ou o braço.

Em Halliday et al. (1996), para determinar a eficiência da força  $F$  na rotação de um corpo, podemos decompor em duas componentes: a força  $\mathbf{F}$  ou o braço da alavanca  $\mathbf{r}$  (Figura 4.2).



**Figura 5.2** – A seção transversal de um corpo rígido.  
Fonte: Halliday et al, 1996.

Como podemos ver na Figura 4.2, em (a) temos uma força aplicada formando um ângulo  $\theta$  com a direção do braço. Em (b), a força é decomposta em  $F_r$  e  $F_t$ ; dessa forma, é fácil perceber que a componente  $F_r$  não provoca torque, já que está na mesma direção do braço, ou seja, radial. Então, seria como querer tirar um parafuso empurrando a chave de boca no sentido do parafuso sem que a chave girasse. Já a componente  $F_t$ , perpendicular ao braço, produz um torque gerado pela força de intensidade  $F = F_t \text{sen}\phi$ .

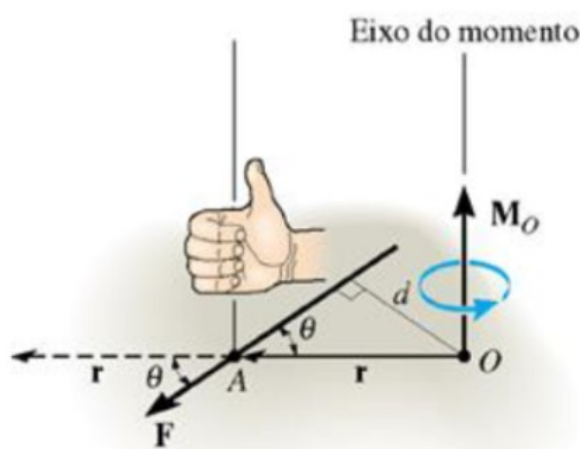
Em (c), a decomposição está relacionada ao braço da alavanca de tal forma que uma de suas componentes fique perpendicular à linha de extensão da força. Assim, as duas maneiras de calcular torque são:

$$\tau = (r)(F \text{sen}\phi) = rT_t \quad (5.4)$$

$$\tau = (r \text{sen}\phi)(F) = r_{\perp}T_t \quad (5.5)$$

Na equação 4.4, a componente tangencial  $F_t$  produz uma rotação, sendo que a possibilidade de girar não estará associada apenas a seu módulo, mas também à distância em relação ao ponto O da Figura 4.2 (b). Na equação 4.5, em que  $r_{\perp}$  é perpendicular entre o eixo O e a linha de extensão da força  $F$  (Figura 4.2 (c)), podemos perceber que, pela ação da força  $F$ , o torque também poderá acontecer.

Assim, ficam bem definidas as características da intensidade e da direção da grandeza momento de uma força. Todavia, conforme afirmado anteriormente, podemos definir dois sentidos e, para fazê-lo, utilizamos a regra da mão direita.



**Figura 5.3** – Regra da mão direita.  
Fonte: Borja, 2021, p.6.

O sentido do torque é determinado pela regra da mão direita em um produto vetorial do vetor resultante perpendicular ao plano dos vetores envolvidos. Dessa maneira, o torque é perpendicular à força  $F$  e ao braço  $r$ , mas podendo dar dois sentidos. A Figura 6.3 mostra que o sentido do torque poderá ser encontrado com o polegar apontado na direção do torque, passando pelo ponto O, e deslizando os dedos no sentido de  $\vec{r}$  para  $\vec{F}$ . Então, a curva em torno do vetor torque indica o sentido da rotação causado pela força. Uma vez que o produto vetorial importa a ordem, ou seja, não se aplica à propriedade comutativa, deve ser mantida a ordem de  $\vec{r} \times \vec{F}$  para produzir o sentido da direção correta do torque.

Definidas todas as características do vetor que representa a grandeza torque, podemos, agora, discutir alguns aspectos do equilíbrio de corpos. Ao perguntar em uma turma de Ensino Médio, e já fiz isso algumas vezes, se aplicarmos forças de mesma intensidade, mesma direção e com sentidos opostos em um corpo, se esse corpo ficará em equilíbrio, é quase uníssono que a turma responderá sim. Tal fato se dá em virtude de os estudantes não considerarem a condição de movimento de rotação, mas apenas o de translação.

Dessa forma, consideramos a primeira lei de Newton – Princípio de Inércia – “Na ausência de forças atuando sobre um corpo, se estiver em repouso, continuará em repouso, mas, se ele estiver em movimento com velocidade constante<sup>7</sup>, continuará assim indefinidamente”, ou, ainda segundo Halliday et al (1996, p. 82):

Se a força resultante em um corpo é nula, é possível encontrar referenciais nos quais aquele corpo não tenha aceleração. A primeira Lei de Newton também conhecida como Lei da Inércia e os referenciais que ela define são chamados de referenciais inerciais.

Dessa forma, vamos lembrar da pergunta de um estudante em sala: “professor, o corpo está em movimento ou repouso?” A resposta é sempre a mesma – “depende do referencial!” Ou seja, não podemos tratar das leis de Newton, sem antes adotar um referencial inercial. Podemos adotar a Terra de maneira aproximada como sendo um referencial inercial, fazendo sempre essa aproximação, quando possível (HALLIDAY et al, 1996).

A Segunda Lei de Newton pode ser obtida pela observação e experiência (se desconsideramos as condições vetoriais), ou seja, se aplicarmos um sistema de forças  $\sum F$  em um corpo de massa “pequena”, ele sofrerá uma determinada alteração do seu estado de velocidade em um determinado intervalo de tempo, e se aplicarmos a mesma resultante das forças  $\sum F$  em outro corpo de maior massa, para um mesmo intervalo de tempo, a variação no seu estado de velocidade será menor. Parece óbvio chegar a esta conclusão, se não tivéssemos que levar em conta o movimento circular (não é objetivo deste trabalho). Assim, podemos descrever a Segunda Lei de Newton conforme equação a seguir:

$$\sum \vec{F}_x = m \cdot \vec{a}_x, \sum \vec{F}_y = m \cdot \vec{a}_y, \sum \vec{F}_z = m \cdot \vec{a}_z \quad (5.6)$$

As equações acima tratam da força resultante, ou seja, somente as forças que atuam no corpo podem ser consideradas; em problemas envolvendo forças, várias forças podem estar atuando em outros corpos, logo estas devem ser desconsideradas. Finalmente,  $\sum F$  serão consideradas somente forças externas, ou seja, forças que atuam sobre o corpo por outros corpos (HALLIDAY et al, 1996).

A equação (4.6) trata da condição do corpo variar seu estado de velocidade em relação a um referencial inercial, mas, conforme dito anteriormente se um sistema de forças atuar em um corpo e ele não variar seu estado de velocidade? Neste caso, podemos escrever as equações:

---

<sup>7</sup>Lembrando que a velocidade é uma grandeza vetorial, logo se a velocidade é constante todas as características do vetor também serão, logo este corpo ou partícula estará em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).

$$\sum \vec{F}_x = \vec{0}, \sum \vec{F}_y = \vec{0}, \sum \vec{F}_z = \vec{0}, \quad (5.7)$$

retornando retornando, dessa forma, para condições de equilíbrio, Primeira Lei de Newton.

Por essa via, para considerar um corpo em equilíbrio, devemos levar em conta suas condições geométricas. Assim, analisemos a condição que se segue.

**Equilíbrio dos corpos rígidos em duas dimensões:** considere um corpo rígido submetido a um sistema de forças externas e, mesmo nessa situação, esse corpo se mantém em equilíbrio, ou seja, não haverá movimento de translação ou rotação imprimida por este sistema de forças. Para Duran (2019), o sistema de forças é equivalente à força e ao binário resultante  $F$  e  $\tau$ . A equação (4.7) demonstra que o sistema força-binário é equivalente ao sistema de forças externas serem nulas.

Destaca-se que, para cada força externa, existe uma força interna como reação, considerando que o corpo rígido não se quebre, ou seja, não haja separação entre as partículas pertencentes ao corpo, essas forças se equilibram.

Considerando que o sistema não seja completamente rígido, ou seja, em uma de suas dimensões haja movimento por parte desse corpo, deverá ser adotado um referencial cartesiano em quaisquer uma de suas dimensões  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$ , gerando um novo sistema de equações a seguir:

$$\begin{array}{ccc} \sum F_{x_1} = 0 & \sum F_{x_2} = 0 & \sum F_{x_3} = 0 \\ \sum M_{x_1} = 0 & \sum M_{x_2} = 0 & \sum M_{x_3} = 0 \end{array}$$

**Figura 5.4** – Sistema de equações para um corpo não rígido.

Fonte: adaptado de Duran (2019), p. 66.

Considerando forças na direção  $x_3$ , os momentos  $x_1$  e  $x_2$  derivam de identidades triviais, ou seja,  $0 = 0$ , reduzindo para as três equações abaixo.

$$\sum F_{x_1} = 0 \quad \sum F_{x_2} = 0 \quad \sum M_o = 0$$

**Figura 5.5** – Sistema de equações para um corpo não rígido em um plano.

Fonte: adaptado de Duran (2019), p. 66.

Na situação acima apresentada, o momento tende a girar em torno do eixo  $x_3$ , sabendo que o ponto de aplicação da força pode ser em qualquer ponto desse corpo, as equações são independentes entre si. Para problemas planos, as equações de equilíbrio podem ser calculadas com, no máximo, três incógnitas.

No curso técnico em edificações os sistemas estruturais são constituídos de diversos elementos estruturais dos quais, para o curso técnico, os que importam para o cálculo de estruturas 1 são as barras e vigas. As vigas de balanço, por exemplo, são vigas apoiadas em um único ponto, no qual seu centro de massa pode estar em qualquer ponto em relação a este ponto de apoio, gerando uma tendência ao giro. Por isso a importância da compreensão dos conceitos de momento de uma força para essa disciplina.

As aplicações mais comuns nesse contexto são as barras ou vigas de apoio, nessas situações é importante fazer uma análise das cargas postas sobre essas barras para que as forças de reações nos pontos de apoio possam ser calculadas em função da tendência do torque gerado. Assim, os cálculos voltados para essas situações são vistos na disciplina de física aplicada, para os alunos que estejam cursando no módulo seguinte, a disciplina de cálculos estruturais 1, seus subseções relativos ao momento de uma força aplicado em estruturas estejam clarificados e estáveis.

## **Síntese das aulas**

A tabela seguinte apresenta uma síntese das aulas, e logo após, na tabela 6.2 será mostrado um resumo de cada encontro com a estratégia didática, referencial teórico associado e a proposta de avaliação.

| <b>Aula</b> | <b>Tópico</b>                                                                 | <b>Objetivos</b>                                                                                                                                             | <b>Duração</b>         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1º encontro | Vantagem mecânica e a relação entre força e distância                         | Identificar situações no cotidiano em que se obtêm vantagens mecânicas e refletir sobre as relações existentes entre a aplicação da força e o ponto de giro. | 2 aulas de 45 min cada |
| 2º encontro | Proporcionalidade entre força e distância para gerar torque.                  | Fazer uma relação de proporcionalidade entre a força e a distância em relação ao ponto de aplicação da força com ferramentas de uso cotidiano.               | 2 aulas de 45 min cada |
| 3º encontro | Simulações envolvendo equilíbrio e momento de uma força                       | Apresentar a equação de momento de uma força e relacioná-la a várias simulações na plataforma PHET em condições de equilíbrio ou para gerar torque.          | 2 aulas de 45 min cada |
| 4º encontro | Revisão do conteúdo e resolução de exercícios envolvendo momento de uma força | Verificar a estabilidade dos subsunçores dos estudantes.                                                                                                     | 2 aulas de 45 min cada |
| 5ª encontro | Avaliação da UEPS                                                             | Verificar o interesse pela matéria e pela metodologia utilizada para ensiná-la.                                                                              | 2 aulas de 45 min cada |

**Tabela 5.20:** Tópicos, objetivos e duração de cada aula do produto educacional.

Fonte: Elaboração própria (2021).

| <b>Material a ser ensinado</b> | <b>Estratégia utilizada</b>                        | <b>Referencial associado</b>                                                                        | <b>Proposta de avaliação</b>                                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Vantagem mecânica              | - Texto introdutório                               | - O texto como organizador prévio para mostrar os subsunçores por meio das repostas dos estudantes. | - Anotações do professor das respostas dos estudantes.                              |
|                                | - Roteiro de esboços envolvendo vantagem mecânica. | - O roteiro foi usado para analisar a estabilidade dos subsunçores.                                 | - Apresentação dos esboços pelos integrantes do grupo                               |
|                                | - Grupos colaborativos                             | - A divisão de grupo promove a interação entre os alunos para melhor investigação                   | - Anotações das intervenções e participações, individuais ou manifestação do grupo. |

**Tabela 5.21:** Tópicos, objetivos e duração de cada aula do produto educacional.

Fonte: Elaboração própria (2021).

No primeiro encontro, é importante fazer a sondagem dos subsunçores dos estudantes que irão participar do projeto. Na primeira aula, foi apresentado um texto introdutório como organizador prévio, cujo objetivo é auxiliar a integrar novos conhecimentos atrelados aos

conhecimentos da estrutura cognitiva dos estudantes. Dessa forma, pode-se discutir os assuntos abordados pelo texto e avaliar quais subsunçores estavam relacionados ao material entregue. A avaliação foi feita pelo professor no momento da discussão dos estudantes.

Na segunda parte da aula, os estudantes dividiram-se em grupos colaborativos para que fizessem uma atividade de acordo com o roteiro entregue. Nessa atividade, os estudantes deveriam fazer esboços de diferentes situações (desenhos) das situações já discutidas e, a cada situação, aplicariam seus conhecimentos prévios de vetores representando forças. Nesse momento, o professor faria uma investigação para verificar a presença de subsunçores e a avaliação da interação do grupo. Os desenhos precisavam estar relacionados aos pontos de aplicação das forças e às distâncias em relação aos pontos de apoios.

A avaliação foi feita pela apresentação dos esboços e as explicações dadas pelos grupos. A seguir, são apresentados o texto utilizado, o plano de aula e o roteiro.

## Alavancas

Ao trocar o pneu de um carro utilizamos uma chave (chave de rodas em formato de L) que, em contato com a porca que prende a roda e estando sob a ação da força aplicada por nós, produz a rotação da porca, permitindo-nos a retirada da roda e a troca do pneu.

A retirada da porca com a chave citada torna-se mais fácil à medida que aumentamos o “braço” (tamanho) da chave, exigindo-nos menor quantidade de força para que possamos executar um mesmo trabalho.

Ações que executamos no cotidiano, como abrir uma porta, trocar o pneu de um carro utilizando uma “chave de rodas”, dentre outras circunstâncias, exigirá de nós menor quantidade de força se o braço da “alavanca” for aumentado.

Esta nova grandeza física associada ao movimento de rotação de um determinado corpo em razão da ação de uma força auxilia em tarefas do dia-a-dia, reduzindo o esforço mecânico.



**Figura 5.6** – A alavanca será rotacionada em virtude da aplicação da força F.

Fonte: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/momento-ou-torque-uma-forca.htm>> (modificado). Acesso em 10/11/2019.

Eis o conceito que justifica o motivo da maçaneta da porta de sua casa ficar longe da dobradiça (polo), pois se estivesse próxima necessitaríamos de mais força para abri-la ou fechá-la.

Caso ainda tenha dúvida acerca das aplicações desta grandeza; tente abrir uma porteira aplicando a força bem próxima das dobradiças e verá o resultado.



# Plano de aula – 1º encontro

## 1. Identificação

Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Introdução da relação entre força e o giro de um corpo extenso

Duração prevista – 90 min (2 h/a)

## 2. Problema

Descobrir qual o conhecimento prévio que o aluno possui relacionado a redução do esforço mecânico associado a aplicação da força e o giro de um corpo extenso.

## 3. Objetivos

- Identificar situações no cotidiano que se obtém vantagens mecânicas.
- Refletir sobre as relações existentes entre a aplicação da força e o ponto de giro.

## 4. Conhecimento introdutório relevante

O aluno necessita de conhecimento prévio de como se representa um vetor e noção de força e distância.

## 5. Metodologia

A aula será dividida em dois tempos de 45 min. No primeiro momento os alunos terão que ler o texto Alavancas (2019) que foi modificada retirando a parte que envolvia as equações e os nomes do momento de uma força ou torque, considerando que a aula tem por objetivo identificar subsunçores relacionados as vantagens mecânicas.

Após a leitura do texto os alunos irão discutir em grupos colaborativos de no máximo 4 alunos situações que eles acham que podem envolver vantagens mecânicas. Após finalizada a discussão no pequeno grupo será entregue pelo professor uma atividade (anexa ao final deste plano de aula) em que os alunos terão que fazer esboços (desenhos) que envolvam estas situações discutidas, em que o aluno terá que aplicar seus conhecimentos prévios de vetores de força. Os desenhos devem relacionar os pontos de aplicação das forças e as distâncias em relação aos pontos de apoios.

Considerando a demora que envolveu as discussões nos pequenos grupos, a atividade proposta foi reduzida de 4 para 2 exemplos.

No segundo tempo da atividade um dos integrantes de cada pequeno grupo terá até 7 min para apresentar seus desenhos e as conclusões relacionadas as posições relativas ao afastamento ou aproximação das forças relativas ao ponto de giro, após apresentação os alunos podem intervir, com sugestões, dúvidas, críticas e elogios.

Nos últimos 15 min restantes, o professor fará um resumo de tudo que foi apresentado formalizando conceitos e representações, recolhendo o material feito pelos grupos para avaliações posteriores.

## 6. Recursos necessários

- Texto introdutório impresso – Alavancas (em anexo).
- Atividade impressa para cada aluno
- Pincel e quadro branco

## 7. Proposta de Avaliação

A proposta de avaliação será de uma avaliação mediadora levando o aluno a refletir a respeito da produção do seu próprio conhecimento. Introduzir uma perspectiva de ação avaliativa como mediação pela qual se encoraja o saber. Ação, movimento, provocação na tentativa da reciprocidade intelectual entre os elementos da ação educativa (Hoffmann, 2019). Neste contexto o professor não é só um mediador, mas

participa do processo na troca de ideias com os alunos coordenando suas ações e reorganizando-as, quando necessário.

(a) **Especificação dos elementos formais de avaliação**

Em um primeiro momento no pequeno grupo os estudantes devem expor suas ideias, quando serão avaliados pelo professor de forma individual, considerando que o professor deve estimular aqueles que não se sintam à vontade de se expor segundo Gonçalves e Ney (2010), diversas tarefas devem ser aplicadas sempre garantindo a espontaneidade do aluno ao realizá-las e toda produção deve ser valorizada. A divisão de pequenos grupos promove uma discussão mais espontânea considerando que ela não está hierarquizada pelo professor, deixando assim, o aluno mais a vontade com seus pares, na busca das melhores ideias a serem apresentadas, sendo mais uma forma do professor fazer a avaliação, agora do grupo.

Além das atividades em grupo, as tarefas também devem ser individuais porque a “avaliação mediadora” exige a observação individual de cada estudante. A diferença em relação ao esquema tradicional é que as tarefas devem ser menores e sucessivas, promovendo a investigação teórica e o entendimento, por parte do professor, das respostas apresentadas pelos estudantes. Como na teoria construtivista, o erro deve ter uma imagem mais positiva. Para alcançar o êxito em qualquer desafio apresentado, as pessoas tendem a aprimorar suas estratégias através da maior vivência de situações. Alguns erros podem ser descobertos e corrigidos pelos próprios alunos. Caso contrário, o professor pode auxiliá-los levando-os a pensar em soluções que antes não haviam pensado. (Gonçalves e Ney, 2010).

O professor deve anotar todas as observações feitas tanto individualmente quanto em grupo com a finalidade de acompanhar a evolução do aluno do decorrer do processo e avaliar cada crescimento e superação das dificuldades que vão aparecendo.

## 8. Referências bibliográficas

Alavancas. (modificado).

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/momento-ou-torque-uma-forca.htm>>

Acesso em 10/11/2019.

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. Proposta de plano de aula para o ensino de física. *Physicae Organum*, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

Gonçalves M. R. e Ney M. G. Contribuições da avaliação mediadora para a melhoria da qualidade da Educação. *Agenda Social*. v.4 , n.2, mai-ago / 2010, p. 96-98.

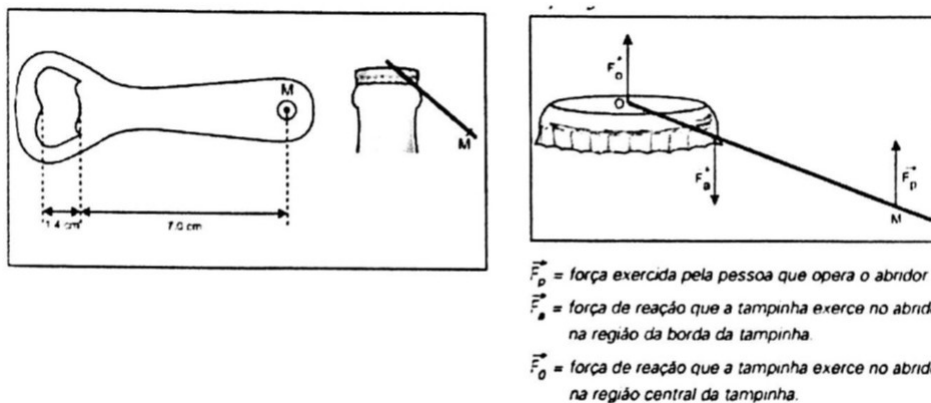
Offmann J. M. L. Avaliação Mediadora: Uma Relação Dialógica na Construção do Conhecimento. Disponível em <http://www.dn.senai.br/competencia/src/contextualizacao/celia-avaliacaomediadoraJussaraHoffmam.pdf>. Acesso em 05/11/2019.

# Roteiro - 1º Encontro para confecção da UEPS – Sequência didática – Proeja

Grupo:

Dado o texto “Alavancas” e com base nas discussões relativas ao texto, façam dois esboços (desenhos) com exemplos do nosso cotidiano, envolvendo algumas tecnologias (dispositivos), na qual, podemos obter vantagem mecânica (diminuição de esforço ou força), indicando as forças por meio de vetores. Com seus respectivos pontos de aplicação, em relação ao ponto de apoio (giro), justificando caso se aproxime, ou se afaste do ponto de aplicação da força em relação a este ponto de giro.

Exemplo:



Esboço 1

Esboço 2

## 2º encontro

| Material a ser ensinado          | Estratégia utilizada                                                                                                 | Referencial associado                                                                                                   | Proposta de avaliação                                                                   |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Relação entre força e distância. | - Ferramentas de uso cotidiano para percepção da relação entre força e distância para obtenção de vantagem mecânica. | - Conceito de assimilação, que, é contrastado a outro mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. | - Participações por meio de perguntas e respostas demonstram diferenciação progressiva. |
|                                  | - Grupos colaborativos                                                                                               | - A divisão de grupo promove a interação entre os alunos para melhor investigação                                       | - Anotações do professor das respostas dos estudantes.                                  |
|                                  | - Apresentação ao grande grupo                                                                                       | - Busca fazer uma grande comunidade de investigação.                                                                    | - Apresentação dos esboços pelos integrantes do grupo                                   |

**Tabela 5.22:** Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 2º encontro.

O segundo encontro destinou-se a fazer a relação entre força e distância, conforme objetivos e roteiros que se seguem. Como foi percebido por esse autor que os estudantes tinham como subsunção a percepção de que a força era uma grandeza que gerava o torque, mas não a relacionavam à vantagem mecânica, do ponto de aplicação dessa força e à distância em relação ao ponto de giro, esse encontro se fez necessário por não ter ficado evidente esta relação no encontro anterior para o grupo pesquisado. No caso de reaplicação desse produto, se os envolvidos tiverem essa relação como subsunção de forma clara e estável, poderá pular esse encontro e ir direto para o terceiro.

## Plano de aula – 2º encontro

### 1. Identificação

Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Percepção da relação da força aplicada em pontos distintos com ferramentas do cotidiano.

Duração prevista – 90 min (2 h/a)

## 2. Problema

Identificar se o aluno tem a percepção de que, para uma mesma ferramenta a força aplicada pode modificar dependendo do ponto de aplicação.

## 3. Objetivos

- Fazer uma relação de proporcionalidade entre a força e a distância em relação ao ponto de aplicação da força com ferramentas de uso cotidiano.

## 4. Conhecimento introdutório relevante

O aluno necessita de conhecimento prévio de força, distância e centro geométrico.

## 5. Metodologia

A turma será dividida em quatro grupos de no máximo 5 integrantes, de tal forma que cada grupo fará uma atividade disposta na bancada anexa a este plano de aula. Cada atividade terá um tempo de 20 minutos, após este tempo os grupos trocarão de bancada até completar todas as atividades propostas. Os 20 minutos finais serão para conclusões e análises das situações apresentadas com a explicação e fechamento do professor.

As quatro atividades propostas são para criar uma relação entre a força e o ponto de aplicação da força, sendo da seguinte maneira: Na bancada 1 teremos um alicate com mola de força elástica inicial constante, a atividade pede para o aluno pressionar em três pontos diferentes: extremidade, meio e próximo a mola, o aluno terá a percepção das intensidades das forças aplicadas em cada um desses pontos e terá que relacioná-la ao as distâncias destes pontos com a intensidade da força em caderno e individual. Depois todos os integrantes do grupo terão que fazer a mesma coisa e no final uma discussão em grupo para descrever na atividade a conclusão tirada pelo grupo.

Na bancada 2 os alunos terão que usar os cachimbos (ver figura no final deste plano) e uma régua de 60 cm para colocar em equilíbrio pesos diferentes em posições diferentes. Esta atividade é em grupo, pelo método de tentativa e erro colocam aleatoriamente os pesos sobre a régua que estará apoiada em seu centro de massa, suspensa e em

equilíbrio estático. Ao colocar os cachimbos em cada lado da régua, com pesos diferentes, os alunos tirarão a régua da posição de equilíbrio, assim, devem posicionar os cachimbos com as distâncias convenientes em relação aos seus centros de massa e fazer a relação entre os pesos e estas distâncias em relação a este centro.

A bancada 3 é uma atividade em grupo, mas feita em dupla. Um aluno segura firme o extensor (ver figura no final deste plano) acoplado a chave de catraca, o outro aluno irá aplicar forças em três pontos diferentes na chave. À medida que se aplica as forças, ele pergunta ao colega se está fazendo mais ou menos esforço para o extensor não girar em cada uma das situações. Depois que todos os integrantes do grupo fizerem a mesma atividade colocar na atividade as percepções do grupo.

Na bancada 4, teremos um parafuso sextavado fixo e apertado adequadamente, sempre na mesma posição, cada integrante do grupo irá tentar tirar o parafuso apenas posicionando o dedo indicador na chave inglesa (ver figura na atividade no final deste plano de aula) e começando a aplicar a força próximo ao parafuso e afastando até que ele sofra o giro, caso o aluno consiga aplicar esta força. Depois que todos os integrantes fizerem esta atividade colocam as conclusões do grupo.

Após todos os grupos realizarem o roteiro de todas as atividades, será aberto um espaço para exporem as conclusões mediado pelo professor. Ao final entregarão suas atividades para ser avaliada pelo professor.

## 6. Recursos necessários

- Roteiro com as atividades propostas para cada grupo.
- Régua rígida de 60 cm.
- Cachimbos sextavados para chave com catraca.
- Chave catraca.
- Chave inglesa.
- Alicates torque com mola.
- Extensor para chave de catraca.

## 7. Proposta de Avaliação

A proposta de avaliação será em duas etapas: uma avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) ao longo das atividades,



buscando evidências de aprendizagem significativa em cada uma das situações propostas e a segunda será a clareza em que o grupo relatou as conclusões em cada etapa considerando parâmetros como coerência, organização das ideias e a conclusão de uma equação que relacione as grandezas envolvidas.

(a) **Especificação dos elementos formais de avaliação**

Na avaliação formativa, os alunos serão avaliados pelas discussões e a interpretação em realizar as situações propostas em cada experimento, observando os alunos de forma individual com suas propostas e conclusões em cada uma das situações valorizando cada produção, depois avaliando o grupo e suas discussões.

O professor anotará todas as observações feitas tanto individualmente quanto em grupo com a finalidade de acompanhar a evolução do aluno do decorrer do processo e avaliar cada crescimento e superação das dificuldades que vão aparecendo (MOREIRA, 2011).

A avaliação também será somativa buscando determinar se foi atingido o objetivo da atividade ao final de cada experimento.

## 8. Referências bibliográficas

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. **Proposta de plano de aula para o ensino de física**. *Physicae Organum*, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

GONÇALVES, M. R.; NEY, M. G. Contribuições da avaliação mediadora para a melhoria da qualidade da Educação. **Agenda Social**. v. 4 , n. 2, p. 96-98, mai-ago, 2010.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, 43. 2011.

## 2º encontro para confecção de uma Ueps – Proeja – módulo

### 1

Grupo:

Instruções:

- A turma será dividida em quatro grupos de no máximo 5 alunos;
- Cada grupo escolherá uma bancada e assim que finalizar as atividades propostas troca para outra bancada, até finalizar todas as atividades em cada bancada.
- Para cada atividade discutir com os integrantes do grupo e fazer as devidas anotações das conclusões encontradas.
- Ao final de todas as atividades apresentar para o grande grupo seus resultados para discussão e fechamento.

Bancada 1 – Alicates com molas

Aplicar uma força em três pontos do alicate (extremidade, meio e próximo ao ponto de giro) até que ele se feche e fazer a relação entre a força aplicada e o ponto de aplicação da força, comparando a intensidade da força aplicada em cada um dos pontos. Fazer as devidas anotações após discussão com os integrantes do grupo.

Bancada 2 – Extensor e chave inglesa (chave de boca)

Esta atividade será feita em dupla, mas todos os integrantes do grupo devem realizá-la.

Um dos alunos da dupla segura o extensor com força, sem deixar girar. Já o outro tenta girar a chave aplicando força em dois pontos da chave – próximo ao extensor e na extremidade oposta da chave. Os dois integrantes discutem em que posição precisaram fazer mais força para realizar a tarefa. Após realizar o experimento os dois integrantes trocam de posição. Todos os integrantes do grupo devem realizar a tarefa.

Ao finalizarem façam as devidas anotações em relação às conclusões do grupo.

### Bancada 3 – Retirar uma “porca” devidamente apertada

Cada integrante do grupo deverá usar a chave inglesa para retirar o parafuso que deverá ser apertado pelo professor aplicando uma força com o dedo em três pontos da chave – extremidade, meio e próximo a porca. Caso consiga tirar o parafuso, explique para o grupo em qual situação a tarefa foi realizada com mais facilidade. Após todos os integrantes realizarem a tarefa façam as devidas conclusões.

### Bancada 4- Condições de equilíbrio com os cachimbos.

Colocar a régua em equilíbrio sem nada sobre ela. Utilize qualquer objeto para realizar esta etapa. Depois utilizando os cachimbos sobre a bancada coloque-os sobre pontos opostos sobre a régua e anote suas posições e compare com suas massas (caso tenha dúvida, cada chave tem um número, quanto maior o número, maior a massa. Qual a relação encontrada entre a massa e a distância em relação ao ponto de equilíbrio? Faça as devidas anotações após discussão com o grupo.

Ao finalizarem aguardem todos os outros grupos para uma discussão geral.

Guardem todo o material das bancadas e entreguem as anotações ao professor para que seja feita as devidas avaliações.

### 3º encontro

| Material a ser ensinado                                   | Estratégia utilizada |                           | Referencial associado                                                                                                | Proposta de avaliação                                                                  |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Equação de momento de uma força e condições de equilíbrio | Aula expositiva      |                           | Conceito de assimilação, que, é contrastado a outro mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo | Participações por meio de perguntas e respostas demonstram diferenciação progressiva.  |
|                                                           | Plataforma Phet      | Introdução                | Assimilar os conceitos apresentados nos encontros anteriores                                                         | Correção da atividade em busca de evidências de aprendizagem significativa progressiva |
|                                                           |                      | Laboratório de equilíbrio | Reconciliação entre as diferenças e semelhanças dos conceitos                                                        |                                                                                        |
|                                                           |                      | Jogo                      |                                                                                                                      | Avaliação somativa recursiva                                                           |

**Tabela 5.23:** Quadro 4: Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 3º encontro.

Nesse encontro, foi dada uma aula expositiva com organizador prévio, apresentado as equações de momento e condições de equilíbrio, para depois passar para as atividades. É importante que nesse primeiro momento o professor esteja atento as perguntas dos alunos e faça as anotações dos que possuem mais dificuldades para que possa acompanhar de perto no momento da atividade no PHET.

O professor poderá adequar seu roteiro atrelado aos subsunçores dos estudantes envolvidos, aumentando ou diminuindo o grau de dificuldade, e ainda com a possibilidade da a avaliação somativa na etapa “JOGO” escolher o nível adequado para turma.

## Plano de aula – 3º encontro

### 1. **Identificação** Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Simulações envolvendo equilíbrio do momento de uma força

Duração prevista – 90 min (2 h/a)

### 2. **Problema**

- Relacionar matematicamente força e braço em condições de equilíbrio ou não.

### 3. **Objetivos**

- Apresentar a equação de momento de uma força e relacioná-la a várias simulações na plataforma PHET em condições de equilíbrio ou para gerar torque.

### 4. **Conhecimento introdutório relevante**

- Relação entre força e distância para obter vantagem mecânica.

### 5. **Metodologia**

No início da aula o professor irá apresentar a equação de momento de uma força de maneira expositiva, utilizando as situações das aulas anteriores para que os alunos descubram esta relação. Depois, os alunos serão levados ao laboratório de informática para que individualmente façam simulações no PheT (Physics Education Technology – site de simulações interativas da Universidade do Colorado: simulação balanço, link <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics)> no qual serão encontradas três simulações interativas: introdução, laboratório de equilíbrio e jogo, com acesso no link movimento/balançando, que descrevem situações de demonstram equilíbrio e giro. Cada aluno seguirá o roteiro proposto pelo professor e fará suas anotações de forma individual. Após esta atividade, os alunos farão no PheT

o laboratório de equilíbrio, uma atividade que exige mais raciocínio, aumentando gradativamente o nível de compreensão do conteúdo. Para Ausubel fica mais fácil o aluno organizar seus subsunçores em tópicos sequenciados de forma hierárquica. Por fim, será realizado o jogo, com simulações que envolvem 6 situações de dificuldades gradativas, e servirá como avaliação individual de cada aluno. Essa avaliação é de caráter somativo, na qual a cada situação o aluno terá que tomar uma decisão em relação ao problema apresentado. Para cada acerto na primeira tentativa ganhará 2 pontos, caso erre poderá tentar novamente, mas a pontuação será de 1 ponto, se errar novamente será dada a resposta para continuar jogando.

## 6. Recursos necessários

- Computador com acesso à internet (acessar a plataforma PHET)
- Roteiro da aula
- Quadro e pincel

## 7. Proposta de Avaliação

Conforme dito anteriormente, o site possui uma avaliação somativa; como não é adequado que a avaliação da aprendizagem significativa seja apenas somativa, serão solicitadas nas etapas de introdução e laboratório de equilíbrio, as anotações dos alunos, que serão consideradas como avaliação formativa. É importante que a avaliação seja recursiva (aproveitando o erro), possibilitando que o aluno refaça as tarefas de aprendizagem, nesse sentido a plataforma dá a oportunidade de refazer, mesmo que apenas uma vez.

### (a) Especificação dos elementos formais de avaliação

Na avaliação formativa os alunos serão avaliados pelas anotações e os resultados das situações propostas no roteiro, observando os alunos de forma individual com suas perguntas e conclusões em cada uma das situações valorizando cada produção. A avaliação também será somativa buscando dentro da simulação jogo.

## 8. Referências bibliográficas

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. **Proposta de plano de aula para o ensino de física.** Physicae Organum, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

GONÇALVES, M. R.; NEY, M. G. Contribuições da avaliação mediadora para a melhoria da qualidade da Educação. **Agenda Social**. v. 4 , n. 2, p. 96-98, mai-ago, 2010.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, 43. 2011.

PHET. Simulações: **balançando**. Disponível em :<[https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_pt_BR.html)>. Acesso em 16/07/2019.

## 3º encontro

Realizar as atividades apresentadas a seguir na plataforma PHET

Aluno:

. Módulo I.

- A atividade será feita individualmente.
- Na plataforma PHET de seu computador abra a simulação balançando.
- Se algum aluno tiver dificuldade chame o professor.
- Todos os computadores já estão com a plataforma aberta.

Iremos dividir a aula em etapas. Na finalização de cada etapa passe para próxima sem aguardar que todos finalizem.

### 1ª etapa – **Simulação Balançando**

Na aba MOSTRAR marcar todos os itens – mostradores de massas, forças dos objetos e nível. Na aba POSIÇÃO clicar em régua.

Faça o que se pede:

Situação 1 – Coloque o extintor 1 m a direita do ponto de giro e a lixeira 1m a esquerda. Descreva o ocorrido e justifique.

Situação 2 – Coloque a lixeira a 0,5 m do ponto de equilíbrio a direita e o extintor a 2 metros a esquerda.

Descreva o ocorrido e justifique.

Situação 3 – Coloque a lixeira a 0,75 m do ponto de giro e o extintor a 1,5m do lado oposto. Descreva o ocorrido e justifique.



**2ª Etapa – Laboratório de Equilíbrio.** Na aba MOSTRAR marcar todos os itens – mostradores de massas, forças dos objetos e nível. Na aba POSIÇÃO clicar em régua.

Situação 1 – Escolha dois tijolos quaisquer (desde que sejam diferentes) e os coloquem em posições opostas em relação ao ponto de giro em quaisquer distancias até que fiquem em equilíbrio estático.

Demostre a situação de equilíbrio por meio de cálculos.

Situação 2 – Coloque o tijolo de 20 kg a direita do ponto de giro e os tijolos de 5 kg e 10 kg a esquerda, até encontrar um ponto de equilíbrio.

Demonstre a situação de equilíbrio por meio da equação de momento.

### 3ª Etapa – Jogo

Clique no nível 1 do jogo e faça os seis desafios – após finalizar coloque a nota final no quadro abaixo e entregue este roteiro ao professor.

#### 4º encontro

| Material a ser ensinado | Estratégia utilizada                 | Referencial associado                                                                                                        | Proposta de avaliação                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Revisão                 | Vídeo “Máquinas simples e alavancas” | Consolidação – feedback sequencial e organizado                                                                              | - Participações por meio de perguntas e respostas demonstram diferenciação progressiva.              |
|                         | Lista de exercícios                  | Material potencialmente significativo - lista de exercícios aumentando, gradativamente, o grau de dificuldade dos exercícios | Discussão em sala da solução da lista com intervenções dos alunos e correção individual do material. |

**Tabela 5.24:** Estratégia, referencial associado e proposta de avaliação - 4º encontro.

O vídeo foi escolhido por ser um resumo de todos os encontros anteriores, dando possibilidade dos alunos retroalimentarem os conceitos vistos e estabilizar os subsunçores. O feedback serve para clarificar, corrigir e confirmar por meio da revisão ou no decurso da exposição repetida, o material de aprendizagem. Depois, a lista de exercícios com atividades que aumentavam o grau de dificuldade de maneira hierárquica culminado em um problema envolvendo situação na construção civil. Serviu tanto como avaliação qualitativa, pois, foi corrigida em sala, dando oportunidade de rever as respostas dadas e tirar as dúvidas nesse

momento, e ainda, como avaliação somativa.

## Plano de aula - 4º encontro

### 1. **Identificação** Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Vídeo para consolidação da grandeza momento de uma força e lista de exercícios para estabilidade do material. Duração prevista – 90 min (2 h/a)

### 2. **Problema**

- Verificar se há estabilidade dos subsunçores dos alunos

### 3. **Objetivos**

- Verificar se houve indícios de aprendizagem significativa por meio de aplicação de problemas que envolvem o conceito de momento de uma força.

### 4. Conhecimento introdutório relevante

- Equação do momento de uma força e condições de equilíbrio de um corpo extenso.

### 5. Metodologia

Vídeo introdutório “máquinas simples e alavancas” para fazer um apanhado de tudo que foi visto nos encontros anteriores e uma lista de exercícios com grau de dificuldade crescente no nível de aprendizagem de alunos do ensino básico da disciplina física aplicada.

### 6. Recursos necessários

- Projetor e computador
- Internet
- Lista de exercícios
- Quadro e pincel

## 7. Proposta de Avaliação

Ao assistir ao vídeo os alunos farão intervenções durante a apresentação mostrando as semelhanças entre o que foi feito nos encontros anteriores e o que está sendo apresentado no vídeo.

A lista de exercícios será avaliada individualmente pelo professor no decorrer da solução com intervenções individuais e coletivas quando assim achar necessário. Após término da resolução será recolhida para correção e apresentado seu resultado no próximo encontro.

- (a) **Especificação dos elementos formais de avaliação** A cada intervenção dos alunos, eles serão avaliados de maneira individual com anotações feitas pelo professor. Na resolução da lista, serão feitas perguntas relativas as dúvidas para que o próprio aluno construa sua resposta. Finalmente, haverá mais uma avaliação somativa, que é a própria correção da lista.

## 8. Referências bibliográficas

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. **Proposta de plano de aula para o ensino de física.** Physicae Organum, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

MÁQUINAS SIMPLES E ALAVANCAS. Youtube. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=SL7bxTDh1Ew>>. 13 de abril de 2016.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 43. 2011.

# Plano de aula – 4º encontro

## 1. Identificação

Nível de ensino – Médio na modalidade PROEJA

Ano/série – Módulo I

Docente responsável – Mércio Nascimento de Lima

Modalidade – Presencial

Área de conhecimento – Física

Tema da aula – Momento de uma força

Título – Vídeo para consolidação da grandeza momento de uma força e lista de exercícios para estabilidade do material. Duração prevista – 90 min (2 h/a)

## 2. Problema

- Verificar se há estabilidade dos subsunçores dos alunos

## 3. Objetivos

- Verificar se houve indícios de aprendizagem significativa por meio de aplicação de problemas que envolvem o conceito de momento de uma força.

## 4. Conhecimento introdutório relevante

- Equação do momento de uma força e condições de equilíbrio de um corpo extenso.

## 5. Metodologia

Vídeo introdutório “máquinas simples e alavancas” para fazer um apanhado de tudo que foi visto nos encontros anteriores e uma lista de exercícios com grau de dificuldade crescente no nível de aprendizagem de alunos do ensino básico da disciplina física aplicada.

## 6. Recursos necessários

- Projetor e computador
- Internet

- Lista de exercícios
- Quadro e pincel

7. **Proposta de Avaliação** Ao assistir ao vídeo os alunos farão intervenções durante a apresentação mostrando as semelhanças entre o que foi feito nos encontros anteriores e o que está sendo apresentado no vídeo.

A lista de exercícios será avaliada individualmente pelo professor no decorrer da solução com intervenções individuais e coletivas quando assim achar necessário. Após término da resolução será recolhida para correção e apresentado seu resultado no próximo encontro.

- (a) As cada intervenção dos alunos, eles serão avaliados de maneira individual com anotações feitas pelo professor. Na resolução da lista serão feitas perguntas relativas as dúvidas para que o próprio aluno construa sua resposta. A finalmente terá mais uma avaliação somativa que é a própria correção da lista.

## 8. Referências bibliográficas

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. **Proposta de plano de aula para o ensino de física.** Physicae Organum, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

MÁQUINAS SIMPLES E ALAVANCAS. Youtube. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=SL7bxTDh1Ew>. 13 de abril de 2016.

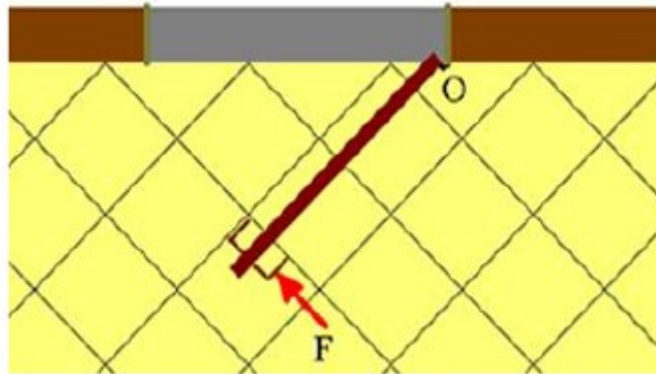
MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, 43. 2011.

## Lista de exercícios - 4º encontro

Turma PROEJA – Técnico em edificações

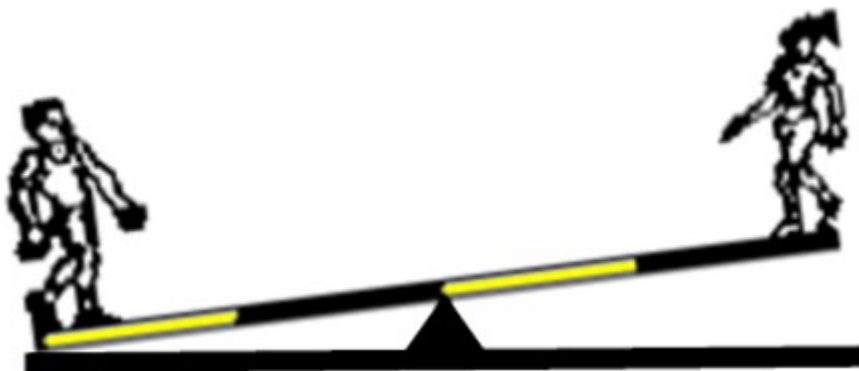
Aluno:

1. Suponha que para fechar uma porta de 0,8 metros de largura, uma pessoa aplica perpendicularmente a ela uma força de 3 N, como mostra a figura abaixo. Determine o momento dessa força em relação ao eixo O e o sentido do giro visto por um observador olhando para esta folha.

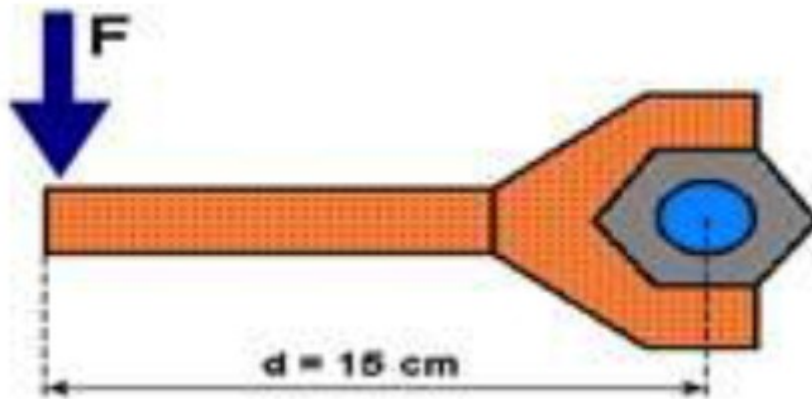


Fonte: <<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-momento-uma-forca.htm>>. Acesso em 18/11/2019.

2. Um rapaz de 100 kg e uma garota de 50 kg estão em uma gangorra conforme figura abaixo, descreva qual a condição para que a gangorra fique na posição horizontal, indicando por meio de vetores, com intensidade proporcional ao peso de cada um.



3. A figura representa a força aplicada na vertical, sobre uma chave de boca. O ponto de aplicação da força dista 15 cm do centro da porca e o módulo da força máxima aplicada é  $F = 600$  N. Nesta situação, determine o momento da força necessário para que uma pessoa esteja próxima de desatarraxar a porca.



4. (UFRRJ-RJ) Na figura abaixo, suponha que o menino esteja empurrando a porta com uma força  $F_m = 5N$ , atuando a uma distância  $2m$  das dobradiças (eixo de rotação), e que o homem exerça uma força  $F_h = 80N$ , a uma distância de  $10cm$  do eixo de rotação.

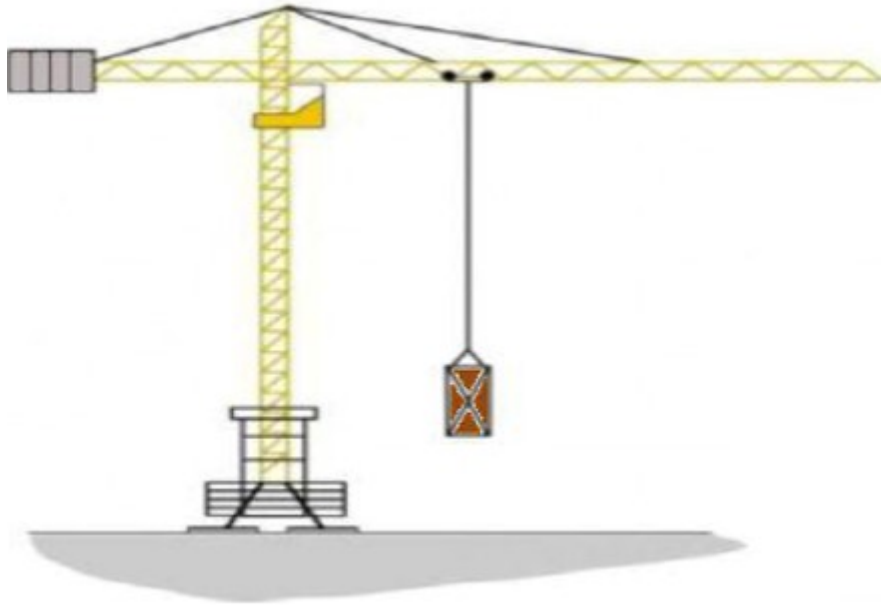


Nestas condições, pode-se afirmar que:

- (a) a porta estaria girando no sentido de ser fechada.
- (b) a porta estaria girando no sentido de ser aberta.
- (c) a porta não gira em nenhum sentido.
- (d) o valor do momento aplicado à porta pelo homem é maior que o valor do momento aplicado pelo menino.
- (e) a porta estaria girando no sentido de ser fechada, pois a massa do homem é maior que a massa do menino

Justifique sua resposta.





5. (FCM-PB - Modificado) O guindaste (também chamado de grua e, nos navios, pau de carga) é um equipamento utilizado para a elevação e a movimentação de cargas e materiais pesados, assim como a ponte rolante a partir do princípio da física no qual uma ou mais máquinas simples criam vantagem mecânica para mover cargas além da capacidade humana. São comumente empregados nas indústrias, terminais portuários e aeroportuários, onde se exige grande mobilidade.

no manuseio de cargas e transporte de uma fonte primária à embarcação, trem ou elemento de transporte primário, ou mesmo avião, para uma fonte secundária, um veículo de transportes ou depósitos locais. Podem descarregar e carregar contêineres, organizar material pesado em grandes depósitos, movimentação de cargas pesadas na construção civil e as conhecidas pontes rolantes ou guindastes móveis muito utilizados nas indústrias de laminação e motores pesados.

Um aluno, de posse de um simulador, projeta a Grua acima com as seguintes características: o braço maior da Grua tem comprimento de 16 metros, o braço menor, 4 m; o contrapeso na extremidade do braço menor tem uma massa equivalente a 0,5 toneladas, cujo centro de massa coincide com a extremidade do braço menor. A barra horizontal possui massa desprezível e a barra vertical está rigidamente fixada. De acordo com o projeto acima descrito, calcule o peso máximo que essa Grua poderá levantar sem tombar sem sofrer deflexão.

## Referências

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. Teorias da Aprendizagem e da Educação Contemporânea em Prática de Ensino: Ausubel e Lipman. **Revista do Professor de Física** – Brasília, vol. 2, n. 2 – 2018.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011a.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, v 1, n. 2, 2011b.