



METODOLOGIA PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CENTRO DE GRAVIDADE A PARTIR DO EQUILÍBRIO DO CORPO HUMANO

Tatiana Arenas Mora

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

Orientadora:

Professora Dr^a Rosana Bulos Santiago

Rio de Janeiro

Março de 2017

METODOLOGIA PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CENTRO DE GRAVIDADE
A PARTIR DO EQUILÍBRIO DO CORPO HUMANO

Tatiana Arenas Mora

Orientadora:

Professora Dr^a Rosana Bulos Santiago

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

Aprovada por:

Prof. Dr^a. Rosana Bulos Santiago
(Universidade do Estado do Rio de Janeiro)

Prof. Dr. Sergio José Barbosa Duarte
(Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas)

Prof. Dr. Alexandre de Oliveira
(Instituto Federal do Rio de Janeiro)

Prof. Dr. José Roberto da Rocha Bernardo
(Universidade Federal Fluminense)

Prof. Dr. João Alberto Mesquita Pereira
(Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro)

Rio de Janeiro
Março de 2017

MODELO de FICHA CATALOGRÁFICA

CXXXc*	<p>Arenas Mora, Tatiana Metodologia para o ensino-aprendizagem do centro de gravidade a partir do equilíbrio do corpo humano / Tatiana Arenas Mora - Rio de Janeiro: UNIRIO / IBIO, 2017. 133 f. ; 30cm. Orientador: Rosana Bulos Santiago Dissertação (mestrado) – UNIRIO / Instituto de Biociências / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017. Referências Bibliográficas: 102-103. 1. Centro de gravidade. 2. Ensino de Física. 3. Múltiplas Inteligências. I. Rosana Bulos Santiago. II. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Metodologia para o ensino-aprendizagem do centro de gravidade a partir do equilíbrio do corpo humano.</p>
--------	--

*Código da obra (fornecido pela biblioteca) Consultar:

<http://www.biblioteca.unirio.br/servicos-1/fichas-catalogaficas>

Dedico esta dissertação aos que se dedicam construir conhecimento de forma motivadora, crítica e questionadora.

Agradecimentos

Agradeço a Rosana, minha querida orientadora, pela compreensão, pelo respeito diante das minhas colocações, pelo afeto e pelas ricas trocas que tivemos durante o processo.

Agradeço a minha família: Eliane, Blanco, Sofia e Isabela, que me apoiaram e seguraram as pontas quando foi preciso suportando minha ausência.

Aos colegas e amigos do mestrado, mas em especial Luís e Eros, dois achados para a vida!

Aos professores do curso, que ampliaram meu campo de visão sobre os processos educacionais e sobre a Física.

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

RESUMO

METODOLOGIA PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CENTRO DE GRAVIDADE A PARTIR DO EQUILÍBRIO DO CORPO HUMANO

Tatiana Arenas Mora

Orientadora:

Professora Dr^a Rosana Bulos Santiago

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

O presente trabalho aborda a análise quantitativa e qualitativa da aplicação de um produto educacional desenvolvido para promover o estudo do Centro de Gravidade. Tal produto, baseado na teoria das Inteligências Múltiplas dentre outras teorias cognitivas, envolve o uso do corpo humano como objeto e instrumento inicial de investigação. A partir de movimentos e posturas os estudantes foram estimulados a refletir sobre a condição de equilíbrio do próprio corpo para assim construir o conceito de centro de gravidade e contextualizá-lo na dinâmica da vida cotidiana. Atividades experimentais quantitativas e aplicação do modelo teórico também integram a metodologia proposta para a significação do conceito de Centro de Gravidade.

Palavras-chave: Centro de Gravidade, Ensino de Física e Múltiplas Inteligências,.

Rio de Janeiro
Março de 2017

ABSTRACT

METHODOLOGY FOR TEACHING-LEARNING OF THE CENTER OF GRAVITY FROM HUMAN BODY EQUILIBRIUM

Tatiana Arenas Mora

Supervisor:

Professor Dr^a Rosana Bulos Santiago

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

The present work deals with the quantitative and qualitative analysis of the application of an educational product developed to promote the study of the Center of Gravity. This product, based on the theory of Multiple Intelligences among other cognitive theories, involves the use of the human body as object and initial instrument of investigation. From movements and postures students were stimulated to reflect on the equilibrium condition of the body itself in order to construct the concept of center of gravity and to contextualize it in the dynamics of everyday life. Quantitative experimental activities and application of the theoretical model also integrate the proposed methodology for the meaning of the concept of Center of Gravity.

Keywords: Center of Gravity, Teaching Physics and Multiple Intelligences.

Rio de Janeiro
March, 2017.

Lista de Figuras

Figura 1 : A figura representa uma 'tradução em imagem' da proposição feita pelos autores Assis e Ravanelli (2008) diante da passagem citada anteriormente	40
Figura 2: A imagem representa a sobreposição do eixo cartesiano ordenado na proposição citada anteriormente.	42
Figura 3: Ficha 1	48
Figura 4: Ficha 2	49
Figura 5: Ficha 3	50
Figura 6: Ficha 4	50
Figura 7: Roteiro da atividade experimental. Ficha 5 – frente.	52
Figura 8: Ficha 5 – verso.....	53
Figura 9: Ficha 6	54
Figura 10: Ficha 7	55
Figura 11: Ficha de sensibilização individual	58
Figura 12: Ficha de sensibilização em duplas.....	61
Figura 13: Ficha de elaboração de hipótese para as atividades realizadas individualmente.	64
Figura 14: Ficha de elaboração de hipótese para as atividades realizadas em duplas.	70
Figura 15: Ficha da atividade experimental.....	74
Figura 16: Ficha de atividade avaliativa com abordagem dentro do modelo tradicional de ensino-aprendizagem.....	78
Figura 17: Ficha da proposta de desafio	80

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Perfil de idade dos estudantes por turma.	19
Gráfico 2: Análise das respostas dos estudantes da turma 1010 para a atividade vivencial individual. Importante frisar que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.	58
Gráfico 3: Análise das respostas dos estudantes da turma 1011 para a atividade vivencial individual. As posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.....	59
Gráfico 4: Análise das respostas dos estudantes da turma 1010 para a atividade vivencial em duplas. As posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.....	62
Gráfico 5: Análise das respostas dos estudantes da turma 1011 para a atividade vivencial em duplas. As posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.....	62
Gráfico 6: Estatística da formulação de hipóteses das turmas 1010 e 1011 solicitadas com o primeiro movimento na primeira questão proposta na Ficha 3.	64
Gráfico 7: Estatística da formulação de hipóteses das turmas 1010 e 1011 solicitadas com o segundo movimento na primeira questão proposta na Ficha 3.....	66
Gráfico 8: Estatística da formulação de hipóteses das turmas 1010 e 1011 solicitadas com o terceiro movimento na primeira questão proposta na Ficha 3.	67
Gráfico 9: Incidência estatística das respostas obtidas na segunda questão da ficha 3.	68
Gráfico 10: Incidência estatística das respostas obtidas na segunda questão da Ficha 3 agrupadas nas principais partes do corpo humano: cabeça, tronco e membros.	69
Gráfico 11: Análise estatística para a observação do entendimento do conceito de vetor, proporcionado pela primeira pergunta da Ficha 4.....	71
Gráfico 12: Análise estatística para a observação da construção de subsunçores para formulação da Lei das Alavancas, proporcionado pela segunda pergunta da Ficha 4.	71
Gráfico 13: Análise estatística para a observação do entendimento da relação entre força e equilíbrio, proporcionado pela terceira pergunta da Ficha 4.....	73
Gráfico 14: Estatística sobre o método de determinação do CG que os estudantes julgam mais confiável.	74
Gráfico 15: Sondagem possibilitada pela Ficha 5 abordando a percepção do estudante para o objetivo da aula.	77
Gráfico 16: Análise estatística dos acertos obtidos a uma atividade que reproduz a metodologia mais frequente no ensino de Física.	79

Gráfico 17: Registro estatístico da resolução da ficha Desafio.	80
Gráfico 18: Registro estatístico da resolução da ficha Desafio, apenas com os estudantes que tentou desenvolver a questão.	81
Gráfico 19: Análise das respostas dos estudantes da turma 1001 para a atividade vivencial individual. Importante frisar que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.	84
Gráfico 20: Análise das respostas dos estudantes da turma 1002 para a atividade vivencial individual. Importante frisar que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.	84
Gráfico 21: Análise das respostas dos estudantes da turma 1001 para a atividade vivencial em duplas. Importante frisar que apenas as três primeiras posturas foram estudadas e que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.....	85
Gráfico 22: Análise das respostas dos estudantes da turma 1002 para a atividade vivencial em duplas. Importante frisar que apenas as três primeiras posturas foram estudadas e que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.....	86
Gráfico 23: Estatística da formulação de hipóteses das turmas 1001 e 1002 solicitadas com os movimentos na primeira proposta da ficha 3.....	87
Gráfico 24: Incidência estatística das respostas obtidas na segunda questão da ficha 3.	87
Gráfico 25: Incidência estatística das respostas obtidas na segunda questão da ficha 3 agrupadas nas principais partes do corpo humano: cabeça, tronco, membros e outros.	88
Gráfico 26: Análise estatística para a observação do entendimento do conceito de vetor, proporcionado pela primeira pergunta da ficha 4.	89
Gráfico 27: Análise estatística para a observação da construção de subsunçores para formulação da Lei das Alavancas, proporcionado pela segunda pergunta da ficha 4.....	89
Gráfico 28: Análise estatística para a observação do entendimento da relação entre força e equilíbrio, proporcionado pela terceira pergunta da ficha 4. Vale ressaltar que a turma 1001 não realizou esta atividade, sendo a mesma substituída pelo contato co	90
Gráfico 29: Análise estatística de uma atividade que reproduz a metodologia mais frequente no ensino de Física.	91
Gráfico 30: Registro estatístico da resolução da ficha Desafio	92
Gráfico 31: Análise estatística das respostas observadas para a ficha 1	95
Gráfico 32: Análise estatística das respostas observadas para a ficha 2.....	97

Gráfico 33: Análise estatística das incidências de respostas para a segunda questão da ficha 3.....	98
Gráfico 34: Análise estatística para as respostas da ficha 4.	99
Gráfico 35: Percepção do objetivo da aula.....	102
Gráfico 36: Análise dos resultados em resposta a questões que envolvem uma metodologia mais reprodutivista e mais frequente em sala de aula.	104

Lista de Imagens

Imagem 1: Estudantes realizando os movimentos da pesquisa corporal proposta pela ficha 1	49
Imagem 2: Estudantes desenvolvendo as movimentações proposta pela ficha 2 a ser analisada na ficha.	51
Imagem 3: Sugestão de suporte para o método da pendura e o posicionamento das figuras geométricas em relação ao prumo, melhor representado imagem da direita.	52
Imagem 4: Método da pendura com o modelo articulável para a discussão da adaptação da posição do CG em diferentes posições corporais.....	53

Lista de Tabelas

Tabela 1: Quadro comparativo entre as duas instituições de ensino básico do Estado do Rio de Janeiro onde o produto foi aplicado.	18
Tabela 2: Características das turmas.	20
Tabela 3: dados da distribuição de massa corpórea e localização do centro de massa de segmentos do corpo. ¹ distância da cabeça centro do corpo. ² distância da extremidade do segmento ao centro do corpo.	43
Tabela 4: Roteiro para aplicação das atividades	56
Tabela 5: Justificativas apresentadas pelos estudantes em resposta aos estímulos oferecidos com a ficha 1	60
Tabela 6: Justificativas apresentadas pelos estudantes em resposta aos estímulos oferecidos com a ficha 2.	63
Tabela 7: Respostas apresentadas pelos estudantes para a primeira questão da ficha 3.	65
Tabela 8: Respostas apresentadas pelos estudantes para a segunda questão da ficha 3.	66
Tabela 9: Respostas apresentadas pelos estudantes para a terceira questão da ficha 3	67
Tabela 10: Argumentações apresentadas pelos estudantes para a terceira proposta da ficha 4.	73
Tabela 11: Registro das características positivas e negativas dos métodos geométrico e da pendura para a determinação do CG.	76
Tabela 12: Valores encontrados para a acurácia dos métodos geométrico e da pendura na determinação do CG.	77
Tabela 13: Argumentações para as vantagens e desvantagens do método da pendura.	101
Tabela 14: Argumentações para as vantagens e desvantagens do método geométrico.	101

Sumário

Capítulo 1 – Introdução	15
1.1 - Motivação e Objetivos.....	15
1.2 - Descrição dos locais e do público ao qual o produto foi aplicado.	17
1.3 - Como está organizada esta dissertação.....	20
Capítulo 2 - Panorama e possibilidades de melhoria no Ensino de Física	22
2.1 - O Ensino de Física: deficiências e possibilidades de melhoria.	22
2.2 – Referenciais pedagógico-metodológicos.	25
Capítulo 3 - O centro de gravidade (CG).....	30
3.1 – O Centro de Gravidade e o Centro de Massa	34
3.2 – O Centro de Gravidade nos livros didáticos de Ensino Médio	35
3.3 – O Centro de Gravidade na dinâmica corporal.....	36
3.4 – Determinação algébrica do Centro de Gravidade.	40
3.5 – Determinação experimental do Centro de Gravidade.	43
Capítulo 4 - A metodologia e o produto.....	46
4.1 - A metodologia	46
4.2 – O produto	47
4.2.1 - Atividades corporais-cinestésicas.....	47
4.2.2 – Atividades experimentais	51
4.2.4 – Atividades teóricas analítico-matemáticas	54
4.3 – Resumo para aplicação do produto	56
Capítulo 5 - Análise de dados	57
5.1 - Análise dos resultados das turmas 1010 e 1011	57
5.2 - Análise dos resultados das turmas 1001 e 1002	83
5.3 - As particularidades das turmas 1012 e 1013.....	92
5.4 - Análise dos resultados da turma de Graduação	94
5.5 - Análise geral dos resultados observados	106
Considerações Finais.....	110
Referências Bibliográficas	113
Apêndice A – Produto Educacional	115
Apêndice B – Modelo articulável	132
Apêndice C – Autorizações para uso de imagem e divulgação do nome das instituições.....	134

Capítulo 1 – Introdução

1.1 - Motivação e Objetivos

A motivação para o desenvolvimento deste produto educacional¹ surge com a finalidade de proporcionar para o professor e para o estudante do nono ano do Ensino Fundamental e primeira série do Ensino Médio, uma forma diferente e lúdica de ensino-aprendizagem dos conceitos de equilíbrio estático e Centro de Gravidade (CG) sem precisar recorrer à formalização do raciocínio lógico-matemático como suporte inicial.

Vale expor que o conceito de CG é abordado superficialmente no ensino médio, estando, seu estudo, atrelado ao estudo de outros conceitos como equilíbrio estático, alavancas ou momento linear. Dessa forma deixa-se de abordar o conceito relacionado ao fenômeno e passamos a estudar apenas o fenômeno. Os estudantes só entram em contato com o estudo do Centro de Gravidade (CG) de forma mais profunda no Ensino Superior, onde é percebida a falta de propriedade no entendimento, na percepção e na importância da determinação do CG.

O produto educacional elaborado trata-se de uma estratégia didática para a abordagem do conceito. Tal estratégia consiste no uso, como metodologia didática, as teorias cognitivas das Inteligências Múltiplas inicialmente, seguida do Empirismo, da Teoria Sociointeracionista além da Construtivista.

Dessa forma, a metodologia desenvolvida com essa pesquisa consiste em proporcionar ao estudante uma vivência onde seu corpo seja, ao mesmo tempo, objeto e instrumento de experimentação. Dessa forma acreditamos contribuir para que a concepção espontânea sobre o conceito de CG seja significada em concepção científica de forma mais orgânica. Para isso, há desenvolvimento e ressignificação de signos² corpóreos, proporcionando assim, de forma direta, a construção e significação do conceito.

¹ Apresentado no XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) no formato de oficina

² Signo, transpondo PIAGET (apud Moreira, 2011), é o que torna a construção do conhecimento possível, é, de acordo com a teoria Piagetiana de construção de conhecimento, a menor partícula de comunicação, é o que torna o significado possível. Afinal, aqui o signo corporal está para formalização do conceito, da mesma forma que a matemática está para a física.

Segundo autores que estudaram o trabalho de Arquimedes, assim como ASSIS E RAVANELI (2008), “a origem do conceito do CG é experimental, os registros que se preservaram deixam claro que a pesquisa sobre CG, até mesmo a sua definição, foi empírica”, dessa forma, o estudo do conceito fica com uma ação metodológica próxima ao que foi desenvolvido, mas aqui percorrendo um processo análogo.

A aplicação do produto foi estruturada para ser desenvolvida durante, pelo menos, três encontros, sendo cada um deles composto por dois tempos de aula. Através de fichas avaliativas, o professor conduz uma série de atividades para a investigação do conceito de Centro de Gravidade.

Os estudantes são convidados a movimentar-se e equilibrar-se em posições específicas, e também a refletir sobre a possibilidade para cumprir a consigna dada pelo professor (regras/comandos propostos), explorando assim, o movimento e criando repertório de signos corporais. O desenvolvimento de tais signos serve de suporte para o entendimento do conceito de CG, dentre outros conceitos, e é construído aos poucos e ao longo do processo de aplicação.

A interpretação sensória possui limitações e não pode ser o único instrumento utilizado para estabelecer um modelo explicativo, mas, pode ser um fator que nos auxilia a elaborar um determinado modelo explicativo de forma empírica.

As construções sociointeracionista, estabelecidas com as atividades experimentais, possibilitam ponderar, questionar e assim refinar tais modelos ou hipóteses. A finalização do processo é prevista retomando a localização do CG, mas, dessa vez algebricamente.

Este produto estrutura-se em atividades pertencentes a três etapas diferentes: atividades corporais, atividades experimentais e atividades teóricas. Cada uma destas etapas é composta por fichas, ora sendo de atividades, ora de registros, ora avaliativa.

Como instrumento de coleta de dados foram utilizados as respostas das questões formuladas nas diversas etapas do processo, assim como, os registros das anotações da professora sobre a aplicação do material instrucional. As análises dos dados ocorreram sob o enfoque qualitativo e quantitativo dependendo do instrumento de coleta utilizado. Quando os dados se apresentaram de modo qualitativo, categorias, como as apresentadas por MORAES (2003), foram estabelecidas para melhor compreensão e análise do processo de aprendizagem.

1.2 - Descrição dos locais e do público ao qual o produto foi aplicado.

O produto educacional desenvolvido foi aplicado em seis turmas de primeira série de Ensino Médio regular nos seguintes colégios estaduais: Colégio Estadual Aurelino Leal (CEAL) e Colégio Estadual Dr. Luciano Pestre (CELP), localizados na cidade de Niterói, RJ, onde sou servidora docente; e também junto a turma de Licenciatura em Biologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Em relação a turma de Licenciatura em Biologia, a escolha se deu devido a alguns fatores, dentre eles: pelo fato da disciplina de Física ser oferecida no primeiro período do curso; por ser uma turma com a faixa etária próxima a turma do Ensino Médio; por querermos observar a aplicação do produto finalizado de forma sequencial; e principalmente, porque serão estes estudantes da licenciatura em Biologia, futuros docentes do Ensino Básico, que apresentarão os primeiros conceitos físicos no oitavo e nono ano do Ensino Fundamental. Desse modo é importante oferecer a estes graduandos perspectivas inovadoras de abordar conceitos quando atuarem em sala de aula ministrando temas em Física.

Para que a análise, à qual esta dissertação se propõe, seja adequada, torna-se importante vos situar a respeito das características das instituições de Educação Básica onde o produto foi aplicado.

As escolas, apesar de terem muito em comum, como, atenderem a comunidade popular com forte presença de violência e tráfico, se diferenciam por se localizarem em bairros extremamente opostos. Enquanto uma se localiza em um bairro nobre, de classe média, próximos a três museus e campus universitários, a outra está em uma área extremamente violenta e distante. Algumas outras diferenças são apresentadas na tabela a seguir:

	Colégio Estadual Aurelino Leal (CEAL)	Colégio Estadual Dr. Luciano Pestre (CELP)
Localização	R. Pres. Pedreira, 79 - Ingá, Niterói - RJ, 24210-470	R. Pastor José Gomes, SNº - Caramujo, Niterói - RJ, 24140-395
Turnos de funcionamento	Manhã, tarde e noite.	Manhã e noite.
Quantidade de estudantes no colégio	1880	340
Biblioteca e pátio	sim	sim
Turmas nas quais foi aplicado o produto	1010, 1011, 1012 1013 (noite)	1001, 1002

Tabela 1: Quadro comparativo entre as duas instituições de ensino básico do Estado do Rio de Janeiro onde o produto foi aplicado.

As turmas por sua vez apresentam um universo muito particular também, a começar pelo turno de funcionamento. No turno da manhã participam das aulas as turmas 1001 e 1002, em um dos colégios; as turmas 1010, 1011 e 1012 são do turno da tarde e a 1013 do turno da noite, estas quatro na mesma instituição.

Dentro da particularidade de cada uma das turmas, no Colégio Doutor Luciano Pestre, temos na 1002 uma aluna gestante, e a 1001, acolhe um grupo de estudantes do programa Autonomia, que “atende alunos com idades entre 13 e 17 anos que queiram concluir o Ensino Fundamental, e entre 17 e 20 anos que queiram fazer o Ensino Médio em menos tempo” (Em: <<http://www.rj.gov.br>> . Acesso em: 23 de setembro de 2016).

Sobre o programa Autonomia é necessário expor que

O objetivo do programa é proporcionar a conclusão dos estudos de alunos com idade elevada em menos tempo, aliando recursos tecnológicos a uma metodologia de excelência. O Autonomia acontece em parceria com a Fundação Roberto Marinho, é ofertado na rede estadual desde 2009 e em outros estados desde 2000.

(Em <<http://www.rj.gov.br>>. Acesso em: 12 de setembro de 2016)

Na instituição em questão (CELP), o grupo de estudantes que compõe o programa Autonomia, deveria ter uma sala própria, com características específicas e equipamentos para subsidiar o programa, que

[...] utiliza o material do Telecurso, livros e DVDs, e a metodologia Telessala, que cria um ambiente de aprendizagem prazeroso, participativo e estimula a pesquisa e a criatividade.

O Autonomia tem um professor para trabalhar todas as disciplinas. Ele tem papel fundamental no processo de aprendizagem, pois, com a mediação do professor, os alunos constroem a autonomia da sua aprendizagem. O programa

tem duração de dois anos e está dividido em quatro módulos, um por semestre. O número de disciplinas por módulo é menor que o do ensino regular, o que facilita a aprendizagem do aluno. Nele, o conteúdo de cada disciplina é ensinado integralmente em um único módulo. As disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática são desenvolvidas nos quatro módulos. O Autonomia oferta também as disciplinas de Teatro e Música.

As aulas são presenciais, de segunda a sexta-feira, com a carga horária diária reduzida de quatro horas por dia. Os professores recebem formação específica.

(Em <<http://www.rj.gov.br>>. Acesso em: 12 de setembro de 2016)

Um levantamento feito no terceiro conselho de classe desta escola, realizado no início do mês de outubro de 2016, apontou que todos os estudantes pertencentes a este programa, que estavam alocados em uma turma regular de 1ª série do Ensino Médio, evadiram.

Os esquemas abaixo representam um panorama gráfico das principais características das turmas que julgamos relevantes para posterior compreensão das análises de dados do produto educacional. O gráfico 1 mostra o perfil de idades dos estudantes das turmas dos dois colégios estaduais. Vale ressaltar que, o estudante que chega ao primeiro ano do ensino médio estadual sem nenhuma repetência tem em média entre 15 a 16 anos. Como pode ser verificado, algumas turmas, como as turmas 1012 e 1013, apresentam faixas de idade mais amplas: de 14 a 20 anos.

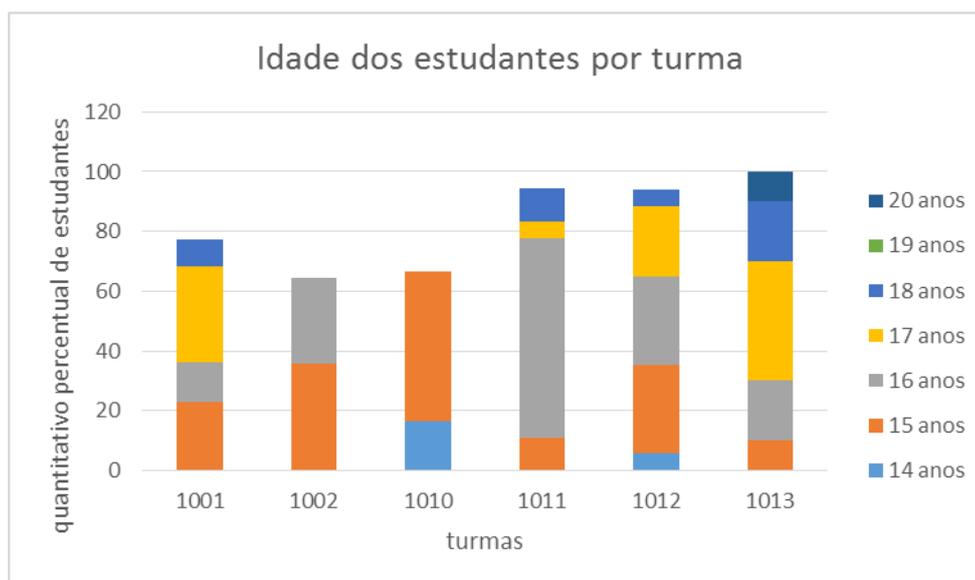


Gráfico 1: Perfil de idade dos estudantes por turma.

Na tabela abaixo, para fins de esclarecimento, apresentamos os dias, horários, número de horas de aula semanal, quantidade de estudantes que iniciaram e finalizaram a atividade proposta em todas as turmas dos dois colégios. As cores

abaixo, lilás e verde, referem-se às turmas dos colégios CELP e CEAL, respectivamente.

Turmas	1001	1002	1010	1011	1012	1013
Turno	manhã	manhã	tarde	tarde	tarde	noite
Dia da semana com aula de Física	Quinta	Quinta	Sexta	Sexta	Segunda	Segunda
Tempo na grade horário	3º e 4º	1º e 2º	5º e 6º	3º e 4º	5º e 6º	1º e 2º
Horário de aula	8:40 as 10:20h	7:00h as 8:40h	16:40h as 18:20h	14:40h as 16:20h	16:40h as 18:20h	18:30h as 19:50h
Quantidade de estudantes que participaram da primeira atividade	22	15	6	18	18	11
Quantidade de estudantes ao final da última atividade	21	20	15	18	15	-----

Tabela 2: Características das turmas.

A turma 1013 é a única turma de primeira série de Ensino Médio do turno da noite no CEAL (bairro Ingá). Apresenta um perfil muito flutuante de assiduidade dos estudantes, embora exista uma minoria que seja frequente. A maioria do grupo que compõe a turma não se envolve com as aulas, são apáticos e fechados. O turno inicia a partir de 18:30h, mas as aulas começam por volta de 19h, isso devido a diversos fatores que, dentre os quais, destacamos: o trânsito no deslocamento até a escola é intenso no fim da tarde, e o horário que o jantar é servido na escola: inicia as 18h e finaliza as 19h. Muitos estudantes, vindo de seus trabalhos, fazem esta refeição na escola, portanto, só conseguem estar presentes para as aulas a partir de 19h, pelo menos.

As turmas 1011 e 1012 foram escolhidas para uma análise mais sistemática da aprendizagem do produto, em função de uma boa assiduidade e pontualidade dos estudantes.

1.3 - Como está organizada esta dissertação.

Sob luz pedagógica da teoria das Inteligências Múltiplas em primeiro momento, seguido das linhas Empirista, Sóciointeracionista e Construtivista, o Capítulo 2 apresenta os pontos específicos das linhas epistemológicas que caracterizam e nortearam a sequência didática elaborada.

Um estudo mais aprofundado sobre o Centro de Gravidade (CG), tema escolhido para o desenvolvimento do produto, e como ele permeia a vida prática do

estudante é apresentado no Capítulo 3, juntamente com uma breve revisão histórica e o respectivo desenvolvimento algébrico matemático.

A descrição e fundamentação didática do produto educacional desenvolvido são apresentadas no Capítulo 4. O capítulo 5 é dedicado à análise de dados das turmas do Ensino Médio e da turma de licenciatura em Biologia, nas quais o produto foi aplicado, entretanto, para que não se torne cansativo para o leitor escolhemos aprofundar a análise para três turmas: 1010, 1011 e a do Ensino Superior, enquanto as restantes apresentamos os pontos mais relevantes. E por fim, as considerações finais. O produto educacional “Metodologia para o ensino-aprendizagem do conceito do Centro de Gravidade a partir do equilíbrio do corpo humano” está disponibilizado no Apêndice A.

Capítulo 2 - Panorama e possibilidades de melhoria no Ensino de Física

2.1 - O Ensino de Física: deficiências e possibilidades de melhoria.

A fragmentação do conhecimento apresentada na escola não considera apenas juízo de valor às áreas de conhecimento, acentua também a forma fragmentada de aprendizado. Certamente uma característica da grade curricular das escolas já foi percebida por estudantes, professores e quaisquer outras pessoas que tenham contato com a instituição educacional: algumas disciplinas possuem maior carga horária de aula do que outras.

Para entender o desdobramento dessa diferenciação no processo cognitivo dos estudantes podemos pensar em agrupar as áreas disciplinares em duas categorias: as que proporcionam o desenvolvimento do intelecto e as que proporcionam o desenvolvimento do corpo, ambas no contexto do agir no cotidiano, por exemplo. Quando analisamos a grade curricular da escola percebemos uma certa diferenciação de importância entre as próprias “disciplinas do intelecto” e destas com a única disciplina de desenvolvimento corporal: a Educação Física. Ainda assim, a algumas disciplinas do intelecto são atribuídas maior carga horária do que outras, tendo maior importância as que têm, obviamente, maior carga horária: Português e Matemática, com cinco tempos semanais cada uma. A Física e a Educação Física, assim como a maioria das disciplinas na rede pública de educação, ficam apenas com dois tempos semanais de cinquenta minutos cada.

O pouco tempo de aula que é atribuído aos professores da disciplina de Física, entre outras, tem de ser dividido com tarefas burocráticas, como: chamada, preenchimento de diário de classe, eventual distribuição de comunicados ou sessão de ‘espaço’ para informes, por exemplo. Como a maioria das escolas da rede estadual possuem muitos inscritos nas turmas, algumas chegando a 40 ou até 50 estudantes, parte desse precioso tempo nos é tomado sem que possamos nos dedicar a construção do conteúdo específico. Junto a isso há de se levar em consideração que a exposição do conteúdo é diversas vezes interrompida para ajudar os estudantes a construir exemplos mentais, pois os mesmos apresentam pouca capacidade abstrativa. Quando o professor consegue orientar o pensamento do estudante para o entendimento de determinado conceito ou método, é

surpreendido pelo final da aula e a troca de turma, fazendo com que todo esse processo precise ser retomado no próximo encontro, que muitas vezes é uma semana depois.

Insistir em um aprendizado segmentado é insistir na desconexão dentre sujeito e mundo, é insistir na compartimentação do mundo em áreas de conhecimento que não dialogam e por isso tornam-se distantes. Uma possibilidade para que essa dinâmica de ensino segmentado seja interrompida é promover o estudo interdisciplinar ou transdisciplinar, pois, mesmo mantendo-se a compartimentação do tempo para as diferentes disciplinas, o conteúdo passa a ser permeado por diálogos multidisciplinares. Como preconiza os Parâmetros Curriculares Nacional (PCNs):

[...] a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos. Na proposta de reforma curricular do Ensino Médio, a interdisciplinaridade deve ser compreendida a partir de uma abordagem relacional, em que se propõe que, por meio da prática escolar, sejam estabelecidas interconexões e passagens entre os conhecimentos através de relações de complementaridade, convergência ou divergência. (BRASIL, 2009, p. 21)

Em outras palavras e com um olhar objetivo sobre sua aplicabilidade, sabemos que

Lidar com a interdisciplinaridade na escola é enfrentar as barreiras que a secular tradição disciplinar sedimentou na organização curricular pedagógica do sistema educacional. É almejar uma nova forma de organização curricular sem precedentes na história da maioria das escolas. É ousar viver uma experiência pedagógica diferente da que estamos acostumados e habituados. Implica em trabalhar em colaboração e parceria com o nosso colega de trabalho da sala ao lado. É reconhecer o que o outro está ensinando, como ele o faz, e convidá-lo a compartilhar a sua experiência de vida e o seu conhecimento com todos. Portanto, a resistência e a intimidação diante desta proposta é uma reação natural, embora se situe originalmente no domínio epistemológico, não pode ser plenamente exercida no âmbito escolar sem o concurso da dimensão antropológica/sociológica. Portanto a interdisciplinaridade tem um papel que extrapola o campo epistemológico e atinge o campo antropológico e sociológico, na medida em que a integração do conhecimento depende, de alguma forma, da integração das pessoas. (CARLOS, 2007, p. 70-71)

Integrar profissionais na escola não é tarefa fácil, os impedimentos aparecem na conciliação de horários para o trabalho em conjunto, por exemplo. Mas independente disto, outrora o mundo foi entendido em unicidade, e o diálogo entre as áreas de conhecimento era tão emaranhado que mal podia ser entendido de forma separada. O corpo era o único instrumento de interação do homem com o

mundo, sua percepção era legítima porque o pensamento era transposto vindo de ações e sensações, ou seja, de vivências. WEBER (2012), referindo-se a interdisciplinaridade, sugere que “a Educação Física e as Ciências deveriam lançar mão dessas ferramentas na tentativa de tornarem-se mais integradas. [...] a Educação Física poderia valer-se dos eixos temáticos, que abarcam aspectos da vida como saúde, ética, pluralidade racial, sexualidade e outros” (WEBER, 2012, p. 2). Poderíamos incluir a estes aspectos as interações físicas do sujeito com o mundo. O olhar para a percepção corporal dos fenômenos físicos do cotidiano, como por exemplo, a atenção para os desdobramentos da interferência do campo gravitacional no corpo humano, assim como na sua dinâmica de movimento, contribuiria para facilitar a construção do conhecimento em Física, essa dinâmica de apreensão do mundo outrora já foi mais explícita.

Apenas uma extensa e aprofundada pesquisa bibliográfica poderia nos colocar em contato com processo de ruptura do pensar corporal, como uma linguagem comunicativa e de percepção do mundo, de forma mais própria.

Entender a qualidade do movimento e o próprio corpo como uma ferramenta, ou como um instrumento, faz com que a interação com o mundo seja mais consciente, faz com que entendamos a própria ciência como algo sensorialmente perceptível, sem que, dentro de certas circunstâncias, para isso, precisemos da linguagem simbólica lógico matemática para elaborar determinado conceito ou fenômeno.

Com este raciocínio torna-se extremamente pertinente a interdisciplinaridade com Educação Física, pois;

o pensamento interdisciplinar na Educação Física pode relacionar a aprendizagem escolar das Ciências com o processo de desenvolvimento motor da criança. Nesse sentido, a Educação Física poderia adquirir a função de instrumento facilitador do ensino, quando, na prática, demonstraria o significado concreto e a aplicabilidade dos conteúdos adquiridos em sala de aula na teoria (Ribas e Joaquim, 2007). Assim sendo, sem perder o papel de promover a corporeidade e sem comprometer a sua individualidade como ferramenta formadora de cidadãos, a prática escolar da Educação Física poderia ser facilmente integrada ao ensino de Biologia, Química e Física, principalmente por promover o movimento do corpo a objeto de estudo. Na Educação Física e nas Ciências, o movimentar-se humano poderia ser entendido como uma forma de comunicação com o mundo. Nesse aspecto, a proposta apontaria para a tematização dos elementos da cultura do movimento, de forma a desenvolver nos alunos a capacidade de analisar e agir criticamente nessa esfera, e, no campo de ensino, constituiria condição para a melhoria da qualidade de vida, uma vez que orientaria a formação global do homem. (WEBER, 2012, p. 10)

O autor argumenta ainda que;

A abordagem contida nos PCN (BRASIL, 1998) sinaliza no sentido de abarcar as diferentes possibilidades da Educação Física na escola. Para isso, deveria lançar mão da necessidade da reflexão dos grandes problemas da sociedade brasileira (temas transversais) ligados à cultura corporal de movimento e à observação das dimensões atitudinais e conceituais, para além do fazer (dimensão procedimental). A inclusão dessas dimensões significaria que as aulas de Educação Física deveriam deixar de ter um enfoque apenas ligado ao aprender a fazer, mas constituir-se em uma intervenção planejada do professor quanto ao conhecimento que está por trás do fazer, além dos valores e das atitudes envolvidos nas práticas da cultura corporal de movimento. (WEBER, 2012, p.8)

Como uma perspectiva para contribuir com a modificação do panorama atual do processo educacional e possibilitar novas formas de construir conhecimento, os educadores podem lançar mão de atividades dinâmicas, metodologias diferenciadas, tal qual propomos neste trabalho, aulas interdisciplinares ou até mesmo o contato com o conhecimento através de espaços não formais de ensino como abordado em “Os desafios das ações extensionistas em espaços não formal e informal de educação” (DA SILVA, et al, 2005), da qual sou colaboradora.

2.2 – Referenciais pedagógico-metodológicos.

Os estudos epistemológicos são a espinha dorsal dos processos cognitivos. Saber como se estruturam estes processos nos coloca mais perto de se pensar uma educação mais eficiente e significativa. No entanto, não podemos tomar uma ou outra teoria como única e verdadeira.

Tal qual o discurso feito por educadores, de que é importante respeitar as particularidades de cada estudante e turma escolar, há de se respeitar e reconhecer a validade e a eficiência de cada modelo teórico de aprendizagem, pois acontecem dentro de particularidades de ordem interna e externa. Chamo particularidade interna, as de ordem epistemológica, ou seja, a forma como ela é concebida pelos devidos teóricos no que se refere ao grupo de estudantes contingentes; e externa, as de ordem espaço-temporal, que olha para as circunstâncias de viabilidade, isto é, “quando” e “aonde” cada uma delas descreve a realidade de aprendizado.

Para que tenhamos uma prática participativa, isto é, possibilitar o acesso, a permanência e o aprendizado de qualquer estudante para que se torne cidadão crítico, precisamos lançar mão de todas as teorias epistemológicas estudadas e recortá-las para aplicar, não apenas pensando no estudante apático a ser “incluso”

mas também nos demais, como um grupo. Chamo aqui a prática educacional de prática participativa, no intuito de não reforçar o comportamento de determinado estudante em permanecer alheio por não estar em contato ou entendendo o conteúdo, independente do motivo.

Para uma prática educativa participativa, é preciso manter certa relação gradual de complexidade de temas ou assuntos a abordar, para que os esquemas de acomodação sejam fluidos e possam se reorganizar com certa frequência, (PIAGET apud MOREIRA, 2011). Junto a isso há de se estabelecer relações sociais e diálogo no processo de conhecimento, uma vez que o conhecimento é um fim mediado pelo outro. O conhecimento aqui é entendido também como “a inteligência cotidiana”, e não só o conhecimento formal. Tal destreza (inteligência cotidiana), só se aprende na interação com o outro e com o mundo, pela troca de signos. Privar alguém de participar de algum ambiente social é tolir as possibilidades de construções significativas que esse sujeito poderia formar, pois dentro da óptica de VYGOTSKY (apud MOREIRA, 2011) quanto mais relações sociais com troca de signos, mais significados, e portanto, mais inteligente o sujeito se torna.

Falar de Piaget ou Vygotsky na relação ensino-aprendizagem é reconhecer as limitações e os espaços de validade de cada uma das teorias de aprendizagem, não havendo certa ou errada, e sim, teoria apropriada, ou não apropriada, para uma determinada população em um determinado espaço-tempo.

Buscando uma nova relação com outras teorias epistemológicas é que o produto aqui descrito se desenvolve; uma maneira de reavivar a construção cognitiva de muitos estudantes e oferecer-lhes novos estímulos para a construção do conhecimento: a teoria das Inteligências Múltiplas de Howard Gardner.

A Teoria das Inteligências Múltiplas, de Howard Gardner (1985) é uma alternativa para o conceito de inteligência como uma capacidade inata, geral e única, que permite aos indivíduos uma performance, maior ou menor, em qualquer área de atuação.

[...]

acreditava que todos os aspectos da simbolização partem de uma mesma função semiótica

[...]

Gardner descreve o desenvolvimento cognitivo como uma capacidade cada vez maior de entender e expressar significado em vários sistemas simbólicos utilizados num contexto cultural, e sugere que não há uma ligação necessária entre a capacidade ou estágio de desenvolvimento em uma área de desempenho e capacidades ou estágios em outras áreas ou domínios (MALKUSE COL., apud GAMA, 1998)

Ainda segundo GARDNER(1987) apud GAMA(1998):

[...] as habilidades humanas não são organizadas de forma horizontal; ele propõe que se pense nessas habilidades como organizadas verticalmente, e que, ao invés de haver uma faculdade mental geral, como a memória, talvez existam formas independentes de percepção, memória e aprendizado, em cada área ou domínio, com possíveis semelhanças entre as áreas, mas não necessariamente uma relação direta.

Gardner identifica sete campos diferentes de competências intelectuais: linguística, lógico matemática, espacial, musical, cinestésica, interpessoal e intrapessoal. Há duas outras classificações: existencial e naturalista, ambas apresentadas por SANTOS (2002, p.36).

De todas estas competências intelectuais a linguística e a lógico-matemática são as mais estimuladas e as mais desenvolvidas nas escolas, isso porque o modelo escolar que reforçamos, sugere que algumas habilidades são desenvolvidas necessariamente antes de outras que são usadas posteriormente como subsídio para a continuidade de um desenvolvimento intelectual.

Apoiado em pesquisas sobre desenvolvimento cognitivo e neuropsicologia GARDNER (1987 apud GAMA 1998) afirma que o sistema nervoso é capaz de processar diferentes tipos de informação separando-o em diferentes centros neurais. Esses centros neurais não operam na mesma proporção para todos os campos das diferentes competências intelectuais, dessa forma, um sujeito pode estar em níveis diferentes de aprendizado quando observamos sua capacidade de solucionar problemas tendo como base suas diferentes competências.

Apesar de categorizar estágios de desenvolvimento cognitivo Gardner não os organiza de forma interdependente, afirmando que muitas vezes a capacidade de solucionar problemas abarcaria diversas competências diferentes.

De fato, as linhas de comunicação usada na relação de ensino e aprendizagem são desenvolvidas de forma independente umas das outras e funcionam como canal de linguagem para solução de problemas. Recorrendo a escola para exemplificar o exposto, basta olharmos o desenvolvimento dos estudantes no campo linguístico e no campo lógico matemático: desenvolvem-se de forma independente um do outro, embora os utilizemos conjuntamente para solucionar problemas. Podemos pensar que além desses dois canais de comunicação vários outros poderiam também ser estimulados e desenvolvidos no espaço escolar

Dessa forma, apresentar certo conteúdo sob um novo campo de competência intelectual, estimula o estudante a perceber correlações e conexões com os

conceitos estudados da forma tradicional, apoiado apenas nas competências linguística e lógico matemática, poderíamos assim enriquecer nos estudantes seus repertórios comunicativos e as possibilidades de solucionar problemas.

Como, neste trabalho, o corpo, dentro da linguagem/inteligência corporal cinestésica torna-se objeto de interação entre sujeito e fenômeno precisamos reforçar a necessidade de entender certos fatores antropométricos como importantes para a percepção e interação com o mundo. Nesse sentido vale a reflexão proposta por PLANK (1998) sobre a comparação entre o processo de desenvolvimento da Física teórica de “ontem” (quando os sentidos eram importante fator para análise de fenômenos e elaboração de conceitos) e o de “hoje” (onde a física utiliza os sentidos apenas para sua separação em domínios):

Vamos comparar o sistema de Física de hoje com o sistema anterior e mais primitivo que tenho descrito acima. À primeira vista, encontramos a diferença mais impressionante de todas, que, no presente sistema, bem na divisão dos vários domínios físico como em todas as definições físicas, o elemento histórico desempenha um papel muito menor do que no sistema anterior. Embora originalmente, como já mostrado acima, as ideias fundamentais da física são mercadorias retiradas das percepções sensoriais específicas do homem, estas últimas são hoje em grande medida excluídas da acústica física, óptica, e a teoria do calor. As definições físicas de tom, cor e de temperatura são hoje de modo algum derivado da percepção através dos sentidos correspondentes; mas o tom e a cor são definidas através de um número de vibração ou comprimento de onda, e a temperatura por meio da alteração de volume de uma substância termométrica, ou através de uma escala de temperatura baseado na segunda lei da termodinâmica; e sensação de calor é de modo nenhum mencionado em conexão com a temperatura. (PLANCK, 1998, p. 2-6, tradução nossa)

Por outro lado, quando nos referimos a força e equilíbrio, por exemplo, precisamos de outros parâmetros antropomórficos que não os sensoriais. Nem tato, ou olfato, visão, audição ou paladar nos influencia na condição de análise desses conceitos, que embora possam ser representados por grandezas vetoriais, não deixam de ser uma habilidade ou uma condição corpórea de interação com o mundo, facilitando o entendimento desse conceito enquanto grandezas.

Dessa maneira, restringir a validade do uso de fatores antropomórficos (pensando em ‘sentir’ determinados conceitos, como força e equilíbrio, por exemplo) nos retira do cenário educacional atual uma possibilidade para o entendimento, sem vincular a um raciocínio lógico-matemático, o conceito de CG.

Nesse caso, a apreensão do conceito através da relação corporal direta com

o fenômeno observado por uma linguagem “sensorial” é uma alternativa a construção do conhecimento traduzido a uma linguagem simbólica a qual os estudantes têm dificuldade em operar.

Capítulo 3 - O centro de gravidade (CG)

Trabalhar com o conceito de Centro de Gravidade (CG) em sala de aula não é das coisas mais fáceis, e recorrer a livros didáticos também não é muito esclarecedor, pois, segundo ASSIS e RAVANELLI (2008) “nem sempre há uma definição clara deste conceito”. Uma possível justificativa para se entender o porquê de os livros didáticos tratarem este assunto de forma rápida e superficial seria que muitas obras originais estão perdidas, e o que nos chega como uma definição do conceito de Centro de Gravidade, além de ser uma interpretação do autor que traduz a obra, é uma compilação de informações obtidas de postulados, proposições e corolários.

Para tratarmos de forma mais própria o conceito de CG e suas propriedades, seria importante abordarmos brevemente sua origem, muitas vezes suprimida dos livros didáticos, fazendo assim com que a autoria principal da pesquisa não seja esquecida e atribuída a quem é de direito: Arquimedes. O que nos chega hoje são interpretações de sucessivas traduções: da obra original em grego para o inglês ou francês, e destas para o português. Sendo assim é relevante considerar as paráfrases, tanto dessas traduções, quanto as reescritas dentro da própria Língua Portuguesa.

A referência bibliográfica tomada para esta dissertação opta por parafrasear Charles Mugler, com a justificativa de achar importante “conhecer o trabalho de Arquimedes na maneira como ele próprio o apresentou, já que assim conseguimos seguir melhor seu raciocínio e podemos avaliar mais precisamente seus argumentos e demonstrações” (ASSIS, 2008, p. 215). O autor afirma ainda que Mugler faz uma tradução literal e completa do grego para o francês.

Ainda de acordo com ASSIS e RAVANELLI (2008) “a origem do conceito é experimental”, os registros que se preservaram deixam claro que a pesquisa sobre CG, até mesmo a sua definição, foi empírica. Este autor afirma que das proposições feitas sobre o equilíbrio de figuras planas, em diálogo com elaborações sobre alavancas, são descritos e demonstrados nos trabalhos de Arquimedes postulados que nos apresentam o comportamento de pares de pesos apoiados sobre uma haste. A construção do conceito sobre Centro de Gravidade percorre este caminho, o estudo das alavancas.

Postulado 1: "Postulamos que pesos iguais se equilibram a distâncias iguais e que pesos iguais suspensos a distâncias desiguais não se equilibram, mas que se inclinam do lado do peso suspenso à maior distância."

Postulado 2: "Quando pesos suspensos a certas distâncias estão em equilíbrio, se adicionarmos [algum corpo] a um dos dois pesos, os pesos não mais se equilibrarão, mas haverá uma inclinação do lado do peso ao qual foi adicionado [algum corpo]."

Postulado 3: "Da mesma forma, se removermos qualquer coisa de um dos dois pesos [que se equilibravam a certas distâncias], os pesos não mais se equilibrarão, mas haverá uma inclinação do lado do peso do qual nada foi retirado."

Postulado 4: "Nas figuras planas iguais e semelhantes, sobrepostas uma sobre a outra, os centros de gravidade também se sobrepõem um sobre o outro."

Postulado 5: "Nas figuras planas desiguais, mas semelhantes, os centros de gravidade serão situados semelhantemente. Dizemos que pontos estão situados semelhantemente nas figuras semelhantes quando as linhas retas ligando estes pontos aos vértices dos ângulos iguais formam ângulos iguais com os lados homólogos."

Postulado 6: "Se grandezas se equilibram a certas distâncias, então grandezas equivalentes a estas grandezas se equilibrarão, por sua vez, nas mesmas distâncias."

Postulado 7: "O centro de gravidade de toda figura cujo perímetro gira sua concavidade para o mesmo lado tem de estar no interior da figura." (MUGLER apud ASSIS, 2008, p. 201)

As proposições encontradas em seus trabalhos apresentam relato de experiências particularizando os corpos em estudo, dessa forma há de se conseguir uma explicação mais ampla e abrangente do conceito. Os corolários, por sua vez apresentam claramente um pensamento sobre a conservação do momento linear, ou sobre a Lei das Alavancas, como intitulado na própria obra de Arquimedes, relatando o comportamento do CG com um número par, e ímpar, de massas dispostas sobre uma barra. Para tomar conhecimento de forma mais ampla e abrangente é sugerida a leitura da obra "Sobre o equilíbrio das figuras planas, ou, sobre os Centros de Gravidade das figuras planas" de Arquimedes. Parte da tradução comentada do Livro I para o a língua portuguesa encontra-se como apêndice de "Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca"³

ASSIS (2008) apresenta ainda pelo viés histórico o mais próximo que poderíamos chegar da essência de uma definição para CG; esta vem através da interpretação de Eutócius de Ascalon (480-540) de parte da obra de Arquimedes:

Introdução ao livro I. (...) Nesta obra, Arquimedes define o centro de movimento de uma figura plana como sendo o ponto tal que, quando suspendemos a figura por este ponto, ela permanece paralela ao

³Assis, André Koch Torres. "Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca." *Montreal, Quebec H2W 2B2 Canada: C. Roy Keys Inc* (2008). p.215-240.

horizonte, e define o centro de movimento ou de gravidade de duas ou de várias figuras planas como sendo o ponto tal que, quando suspendemos as figuras por este ponto, a haste (ligando as figuras) permanece paralela ao horizonte. (MUGLER apus ASSIS, 2008, p. 124-125)

Assim como esta, outras orientações sobre Centro de Gravidade são apresentadas por ASSIS (2008) citadas no caput das obras de Arquimedes. Essas tantas definições, embora questionáveis, mostram certa coerência, pois são registros de experiências cujas bases para descrição científicas eram do senso comum, visto que não havia tantos conceitos elaborados, por exemplo a diferenciação entre peso e massa.

Dentro dessa dinâmica é aceitável relevar a falta de palavras específicas para a construção da definição do conceito.

Para ter uma idéia de como o conceito do CG pode ter sido definido por Arquimedes, vamos citar aqui algumas passagens que aparecem na obra sobre Mecânica do matemático Heron (século I d.C.), na obra Coleção Matemática do matemático Pappus (século IV d.C.) (ASSIS, 2008, p.125)

[...]

Heron apresenta uma definição do CG como dada pelo estóico Posidônio, que provavelmente viveu antes de Arquimedes: “O centro de gravidade ou de inclinação é um ponto tal que, quando o peso é dependurado por este ponto, ele fica dividido em duas porções equivalentes,” [Her88, Capítulo 24, pág. 93].

Heath já traduz esta frase para o inglês da seguinte forma: “É um ponto tal que, se o corpo é suspenso por ele, o corpo é dividido em duas partes iguais,” [Hea21, pág. 350]. (ASSIS, 2008, p.126)

[...]

Pappus apresenta uma definição explícita do CG, a saber: “Dizemos que o centro de gravidade de qualquer corpo é um certo ponto dentro desse corpo tal que, se for concebido que o corpo está suspenso por este ponto, o peso assim sustentado permanece em repouso e preserva sua posição original,” [Pap82, Livro VIII, pág. 815] e [Dij87, pág. 299]. Outra afirmação análoga: “É claro também que, se imaginarmos que o corpo é suspenso pelo seu centro de gravidade, ele não girará e permanecerá em repouso mantendo a posição inicial que assumiu com a solicitação [gravitacional],” [Pap82, Livro VIII, pág. 818]. (ASSIS, 2008. P. 127-128)

Percebe-se que as definições que foram apresentadas estão longe de uma compreensão global e com designações cientificamente aceitáveis. Mas, apesar disso, podemos perceber certa coerência na transcrição do fenômeno nas tentativas para estabelecer uma definição geral, considerando as particularidades das experiências, ou seja, suas condições iniciais e suas condições de contorno, como corpos homogêneos, corpos regulares, corpos não convexos, entre outras.

Simplicio apresenta a mesma definição, atribuindo-a explicitamente a Arquimedes: “O centro de gravidade é um certo ponto no corpo, tal

que, se o corpo for suspenso por uma linha ligada a este ponto, vai permanecer na sua posição sem se inclinar para qualquer direção, " citado em [Hea21, p. 350]. (ASSIS, 2008, p. 125-128)

A experiência proposta por Arquimedes, citada logo acima, nos coloca em uma dependência de uma boa capacidade abstrativa para poder realizá-la com sucesso.

Pensando nas linhas epistemológicas apresentadas e na construção do conhecimento dentro da escola: insistir no aprendizado do entendimento do fenômeno pela linguagem textual ou pela inteligência linguística não é garantia de sucesso. Pois, se a capacidade abstrativa do estudante é falha, o texto de Arquimedes não faz sentido. Se o texto não faz sentido, o estímulo recebido para reorganizar o conhecimento não provoca acomodação majorante, a qual, segundo PIAGET (apud MOREIRA 2011) é o que determinaria a acomodação da informação e conseqüentemente o conhecimento.

Defendemos uma perspectiva de desenvolvimento da inteligência corporal-cinestésica para a compreensão do conceito de CG, e não para a definição deste conceito, supomos que não há a necessidade de uma tradução linguística; pois o conceito em si é inominável ou desnecessariamente nominado. Queremos dizer que, não é preciso a definição do conceito para que se entenda seu significado, a construção do conhecimento pode ser trabalhada através da dinâmica corporal da vida cotidiana.

Retomando, ASSIS (2008) também apresenta aquilo que entende por uma definição do conceito de CG:

Até o momento chegamos ao conceito do centro de gravidade, CG, definido da seguinte maneira: O centro de gravidade de qualquer corpo rígido é um ponto, pertencente ao corpo ou localizado no espaço vazio, tal que, se for concebido que o corpo está suspenso por este ponto, tendo liberdade para girar em todos os sentidos ao redor deste ponto, o corpo assim sustentado permanece em repouso e preserva sua posição original, qualquer que seja sua orientação inicial em relação à Terra.

[...]

O centro de gravidade de um corpo é o ponto de encontro de todas as verticais passando pelos pontos de suspensão do corpo quando ele está parado em equilíbrio e tem liberdade para girar ao redor destes pontos. (ASSIS, 2008, p. 135)

Como já apresentado, a elaboração do conceito CG teve origem empírica. ASSIS (2008) apresenta, o que conhecemos dentro do Ensino de Física como método da pendura, a mesma forma com que Arquimedes determinava o Centro de Gravidade dos corpos ou demonstrava suas proposições.

[...] dependura-se o corpo por um ponto de suspensão PS_1 , aguarda-se que o corpo atinja o equilíbrio, e traça-se uma vertical passando por este ponto com o auxílio de um fio de prumo. Dependura-se então o corpo por um outro ponto de suspensão PS_2 que não esteja ao longo da primeira vertical, aguarda-se o novo equilíbrio, e traça-se uma segunda vertical passando por PS_2 . O cruzamento das duas verticais é o CG do corpo. (ASSIS, 2008, p.123)

O autor afirma ainda que, nas ideias de Arquimedes, isso não significa uma definição de Centro de Gravidade e sim uma maneira de localizá-lo ou demonstrá-lo. Experimentalmente, torna-se mais fácil ter consciência sobre a importância e as particularidades deste ponto, pois o fenômeno observado é incontestável.

3.1 – O Centro de Gravidade e o Centro de Massa

De acordo com DIAS et al (2016)

Usualmente o centro de massa dos corpos rígidos é identificado fazendo uso de um outro conceito físico: o centro de gravidade do corpo. O centro de gravidade é o ponto que podemos considerar a força gravitacional atuante. Esta força é a soma das forças gravitacionais que atuam sobre os elementos discretos do corpo. Se considerarmos a aceleração da gravidade constante, ou seja, a mesma força agir em cada única partícula dentro do corpo, temos, o centro de gravidade coincidindo com o respectivo centro de massa. Assim, é muito comum determinar a posição do centro de massa de corpos estendidos por meio de técnicas estáticas utilizadas para determinar o centróide gravidade. (DIAS et al, 2016, p. 2)

Nessa perspectiva podemos diferenciar o Centro de Massa (CM) do CG unicamente pela interferência da força gravitacional no corpo. Para Raphael (2007, p. 33) "Na definição de centro de gravidade leva-se em consideração o campo gravitacional em cada ponto. Se o campo for constante, o centro de massa coincide com o centro de gravidade".

Relevante é complementar, também, o disposto por DIAS (2016): o Centro de Gravidade de um corpo extenso e rígido é o ponto tal que quando aplicado alguma força sobre ele, essa força aplicada não provoca a rotação do objeto, mas possibilita seu deslocamento, é uma espécie de 'ponto de equilíbrio' do corpo, ou de acordo com MUGLER (apud ASSIS, 2008, p. 124) "centro de movimento", ou de acordo com HERON (apud ASSIS 2008, p. 126) "centro de peso, centro de inclinação ou centro de queda".

3.2 – O Centro de Gravidade nos livros didáticos de Ensino Médio

O livro didático é um importante material de apoio, ao qual muitos professores recorrem para ajudar na exposição dos conteúdos. Muitas escolas os têm como material obrigatório para o estudante. No que diz respeito a abordagem e exposição do conceito de Centro de Gravidade, particularmente, muito tem-se a modificar.

ASSIS e RAVANELLI (2008) apresentam uma análise, em síntese, de alguns livros didáticos quanto a definição deste conceito. Dessa análise notamos que “as definições apresentadas nos livros didáticos divergem entre si. Poucos livros fazem um levantamento histórico sobre o surgimento do conceito do centro de gravidade, não mencionando sequer Arquimedes com relação a este ponto” (p. 9), apresentam descrições confusas, definições incompletas ou até mesmo incoerentes. Por exemplo:

Em FERRARO e SOARES (2003, pág. 383) o centro de gravidade é descrito em uma observação no decorrer do texto: “O ponto de aplicação do peso de um corpo extenso é chamado centro de gravidade (CG). Para os corpos homogêneos e que apresentam simetria, o *centro de gravidade* coincide com o centro geométrico”.

[...]

SAMPAIO e CALÇADA (2003, pág. 149) também seguem o mesmo modelo de definição, mas sem antes apresentar os dados experimentais: “O centro de gravidade (CG) de um corpo é o ponto onde podemos supor aplicado o seu peso do ponto de vista dos efeitos de rotação”. (ASSIS e RAVANELLI, 2008, p. 4)

Partir de uma atividade experimental é o que tomamos como adequado para iniciar uma possível definição do conceito, mas novamente esbarramos com as falhas nas construções abstrativas ou, quando não é o caso, esbarramos em definições do senso comum.

PARANÁ (2004, pág. 104) [...] “Tente levantar uma vassoura com um cordão amarrado em seu cabo de tal forma que ela fique na horizontal. Que dificuldade essa simples ação pode apresentar? Realizando a atividade sugerida você vai concluir que existe apenas um ponto da vassoura no qual o cordão amarrado possibilita que ela, ao ser suspensa, fique na horizontal. Esse ponto é denominado centro de gravidade ou baricentro. Então, podemos definir que: Centro de gravidade é o ponto em que está concentrado o peso de um corpo”. (ASSIS e RAVANELLI, 2008, p. 4)

Tornar todo o processo experimental substituível por uma definição deste tipo é ser minimalista. O estudante do Ensino Médio tomará tal definição como incorreta e a assumirá como verdadeira sem qualquer questionamento, deixando o conteúdo sem coerência. Dessa forma, reforçamos o mesmo processo de aprendizagem

descrito anteriormente, aquele no qual não ocorre reconstrução ou significação do conhecimento.

Nos livros didáticos para o Ensino Médio é necessário deixar o conteúdo mais interessante e acessível, tanto matematicamente quanto na sua abordagem conceitual, de forma a ser contextualizada. Fazer com que a definição do conceito de CG nos chegue de forma puramente textual ou em matemática simbólica não significa condição de validade de entendimento ou aprendizagem, tampouco percorrer o pontilhado histórico de Arquimedes, o signifique. Mas, deste processo histórico fica claro que os procedimentos experimentais e investigativos proporcionam mais trocas significativas para elaborar o conceito do que a sua interpretação hermenêutica.

Os autores sugerem ainda, após a análise da abordagem de alguns livros didáticos, um roteiro para a apresentação do conceito e seu aprofundamento em sala de aula, na tentativa de desenvolver uma definição mais fidedigna sobre Centro de Gravidade.

Uma abordagem alternativa seria começar a discussão do tema apresentando experiências simples de equilíbrio de corpos rígidos. Seriam, então, observadas as principais propriedades observadas empiricamente. Com isto, se poderia chegar à definição conceitual do centro de gravidade apresentada no início deste trabalho. Depois seria apresentada a lei empírica da alavanca. Só então se chegaria finalmente à expressão matemática do centro de gravidade. (ASSIS e RAVANELLI, 2008, p. 9)

Inferimos que é desnecessário iniciar um estudo, de forma a traduzir em palavras um conjunto de postulados sobre o equilíbrio dos corpos transformando na definição de um conceito, que facilmente pode ser mostrado, sentido e entendido como pertencente a dinâmica corporal. Em outras palavras, o estudo sobre o Centro de Gravidade, torna-se mais proveitoso quando estudado de forma experimental e contextualizada.

3.3 – O Centro de Gravidade na dinâmica corporal.

A contextualização referida anteriormente, no caso deste produto, é facilitada pela metodologia com uma abordagem corporal e cinestésica em pesquisas práticas sobre o conceito de CG. Isso significa utilizar o corpo humano como instrumento de pesquisa e experimentação, e perceber sua dinâmica em torno do equilíbrio corporal. É preciso que o corpo esteja mais conscientemente presente no cotidiano,

pois, ele é a fronteira da nossa interação com o mundo. É preciso promover um ensino contextualizado que ajude a compreender o mundo em que vivemos.

Torna-se imprescindível o estudo deste tema, de forma a se apropriar deste conceito, devido sua relação direta com a biomecânica e a manutenção da saúde, como exemplos temos o estudo do CG na marcha atlética, na biomecânica da caminhada, e nas correções posturais para evitar as quedas, entre outros. (LEMOS, TEIXEIRA e MOTA, 2009).

Com a finalidade de manter o corpo humano equilibrado de forma estável, o CG pode estar localizado num ponto dentro do corpo ou até mesmo fora dele. Entretanto, observa-se que seja qual for sua localização, ao tomar-se sua projeção vertical sobre o plano horizontal, esta se posicionará na área da base do corpo, por exemplo, entre os pés quando ereto.

Reconhecer e entender o conceito de CG no corpo humano é uma tarefa complexa, porém, fundamental. Complexa porque requer considerar todas as particularidades de proporção e de distribuição de massa de cada corpo, e fundamental porque, tratando-se do corpo humano, essa definição está diretamente atrelada ao estado de equilíbrio nas diversas posturas e movimentação do próprio corpo humano.

De acordo com LEMOS, TEIXEIRA e MOTA (2009, p.84) o equilíbrio corporal é uma capacidade física bastante estudada, visto que, busca identificar as causas dos desequilíbrios, desenvolve estratégias para a manutenção da postura e busca entender a interação dos sistemas sensoriais envolvidos na estabilidade. Os autores ainda afirmam que um dos fatores intervenientes na manutenção do equilíbrio corporal é a posição apropriada do Centro de Gravidade. Deste ponto de vista, temos aqui a possibilidade de tratar o tema de forma interdisciplinar, não só com a Educação Física, como já foi apresentado, mas também com a Biologia.

Embora não desenvolvido com o produto educacional exposto aqui, o dinamismo cinético é fundamental para a dinâmica desse estudo, pois, de acordo com LEMOS, TEIXEIRA e MOTA (2009, p.84) “a oscilação corporal está relacionada às correções que o corpo faz para manter a linha do CG dentro da base de sustentação” e completam ainda:

Considerando-se a contribuição dos fatores antropométricos e biomecânicos, a manutenção desta posição exige, porém, um complexo sistema sensorio-motor de controle, que opera através de um conjunto de informações provenientes das aferências sensoriais, produzindo respostas manifestadas pela atividade muscular para

Com o olhar de Físico diante de um problema com tamanha complexidade, a primeira postura a ser tomada para a resolução de forma “tradicional” teórica do proposto, seria fazer considerações e simplificações sobre a questão. Nesse ponto, encontramos uma dicotomia: admitir considerações e correr o risco de descaracterizar o problema proposto originalmente ou admitir a complexidade e assumir o trajeto trabalhoso e longo para o ensino-aprendizagem.

Para o estudo corpóreo sobre o Centro de Gravidade dentro do produto desenvolvido, a complexidade é bem-vinda. A metodologia proposta aqui não exige “considerações” para a análise da dinâmica corporal, ela permite que o estudo aconteça no mundo real, com o corpo em diversas posturas, sejam elas dinâmicas ou estáticas. Diferentemente dos estudos teóricos ou conceituais que admitem tantas considerações que acabam por descaracterizar o contexto real.

Em situações de desequilíbrios, os atletas e esportistas tem a possibilidade de corrigir os desvios do Centro de Gravidade do corpo provocados por forças externas de forma mais consciente e eficiente do que pessoas sedentárias. Observe que o conhecimento da Física aconteceu de maneira intuitiva e informal.

À medida que se pratica atividades físicas, ou esporte, o corpo humano adquire “signos” e assim são construídos um repertório de movimentos, posturas e posições. Esse repertório, construído sem a exclusão das leis da Física subsidia a construção do conhecimento para os estudos teóricos e matemáticos. Por mais que a pessoa não tenha o domínio do modelo teórico em linguagem matemática do conceito de Centro de Gravidade, por exemplo, sabe que se desequilibrará em determinadas posições, bem como, saberá projetar o possível local da queda, e o que precisa ser feito para a manutenção do equilíbrio corporal. O pensamento e conhecimento passam a ser “instintivos”, operam por outro viés de inteligência que não mais a tradicional lógico matemática e sim a corporal cinestésica. O acúmulo de conhecimento é dado pelas experiências vividas, pelas tentativas, incluindo seus erros e acertos.

Dito isto, podemos entender melhor a relação de esportistas com seus Centros de Gravidade:

A relação da altura do CG é descrita como a possível causa de maiores oscilações em canoístas na posição anatômica de referência em equilíbrio estático. Os autores afirmam que devido ao trabalho muscular realizado a cada sessão de treinamento desta modalidade, ocorrem maiores ganhos de massa muscular no seguimento superior

do corpo dos canoístas e assim, prejudicando a estabilidade, pois o fato de haver maiores quantidades de massa muscular no seguimento superior do atleta faz o CG para cima, causando maiores instabilidades. (LEMOS, MANN, PRANKE, TEIXEIRA, ROSSI e MOTA apud LEMOS, TEIXEIRA e MOTA, 2009, p.85)

[...]

Já com relação a exercícios físicos, Perrin et al. compararam o equilíbrio corporal de bailarinas e judocas, afirmam que os atletas de arte marcial apresentam maior controle postural, com menor oscilação do CG, independentemente da ausência da informação visual ou da perturbação da propriocepção. (LEMOS, TEIXEIRA e MOTA, 2009, p.86)

A comparação entre judocas e bailarinas é um excelente exemplo para o estudo da estabilidade do CG. No entanto, a descrição do artigo em questão, não leva em consideração outros pontos importantes na avaliação da capacidade de se manter estável. Ao compararmos as bases de ação do judoca e da bailarina temos uma grande diferença da projeção das bases: a do judoca, bem mais ampla, abarca a área entre seus dois pés, que constantemente posicionam-se afastados um do outro, já a da bailarina resume-se a área da ponta de uma sapatilha. No que diz respeito a rotação desses corpos temos um rodopio mais eficiente (no sentido de utilizar menos força para uma ação) com a bailarina do que com o judoca, isso também é devido as suas bases. Portanto, a afirmação feita pelos autores, apesar de coerente, mostra-se incompleta, e sabemos que outros fatores devem ser considerados para afirmar que “atletas de arte marcial apresenta maior controle postural” (LEMOS, TEIXEIRA e MOTA, 2009, p.86).

De forma geral, todos os esportes necessitam adaptações da posição do CG para restabelecer ou se manter em equilíbrio. Por exemplo, na fase de execução do chute no futsal, que compreende desde o final da preparação até o momento em que o jogador atinge a bola, ocorre alteração do CG, para que assim haja a manutenção de um adequado equilíbrio para tal atividade.

Esse adequado controle do equilíbrio é expresso por Chandler et al. como sendo uma reflexão em sinergias musculares apropriadas, produzindo respostas motoras efetivas, que minimizam e restauram os deslocamentos do CG.

Morasso et al. afirmam que o sistema nervoso central precisa ser continuamente informado sobre a posição do CG para regular o equilíbrio, o que possivelmente é condicionado a uma representação interna do corpo no espaço. (LEMOS, TEIXEIRA e MOTA, 2009, p.86)

Com essa afirmação os autores nos ajudam a compreender as adaptações feitas pelo organismo que confundem nossa representação corporal interna e conseqüentemente nossa condição de equilíbrio: as mudanças corporais ocorridas durante a gravidez e o puerpério, uso contínuo e errado de mochilas, sapatos de salto e até mesmo a modificação na oclusão dentária, ficam como exemplos.

Temos então, o corpo como um rico e fidedigno instrumento de estudo e contato com a realidade. Mesmo pouco explorado e estimulado na escola, o corpo pode ser, ainda assim, um excelente mecanismo de entendimento de conceitos da mecânica física, em particular o conceito do Centro de Gravidade, pois além de instrumento, o movimento corporal também é linguagem.

3.4 – Determinação algébrica do Centro de Gravidade.

A determinação matemática do CG pode ser obtida a partir do Princípio das Alavancas. É desta forma que ASSIS e RAVANELLI (2008) nos apresenta tal definição:

Vamos supor que temos dois pesos P_1 e P_2 dependurados em uma haste rígida horizontal de peso desprezível. Esta haste pode girar ao redor de um eixo horizontal perpendicular a ela passando pelo fulcro da alavanca. Vamos supor que as distâncias horizontais destes dois corpos à projeção vertical do plano que passa pelo eixo de rotação sejam dadas por d_1 e d_2 , respectivamente. (ASSIS e RAVANELLI, 200, p.2).

Com a finalidade de facilitar o entendimento, imaginemos o conjunto abaixo como um sistema.

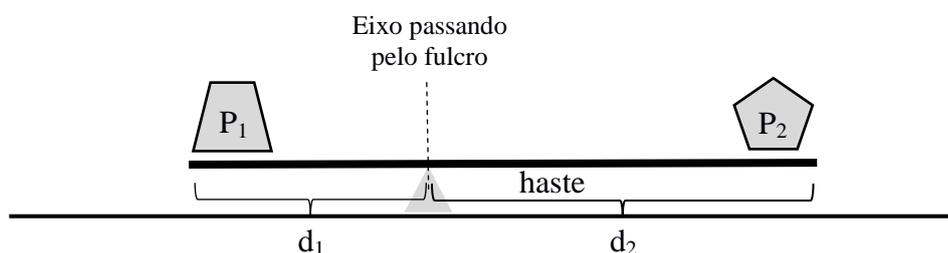


Figura 1 : A figura representa uma ‘tradução em imagem’ da proposição feita pelos autores ASSIS e RAVANELLI (2008) diante da passagem citada anteriormente

O torque é a grandeza vetorial que está associada aos movimentos rotacionais. Para considerar o equilíbrio de um corpo assumimos a condição de equilíbrio translacional e rotacional. Isto significa que a resultante do sistema de forças deve ser nula, assim como, a soma algébrica dos torques em qualquer ponto do corpo.

Como premissa para a apresentação feita por ASSIS e RAVANELLI (2008), admitimos que para um sistema estar em equilíbrio rotacional o torque resultante (\vec{T}) que atua, deve ser nulo.

$$\vec{T} = \sum_i^n \vec{\tau}_i = 0 \quad (1)$$

Sabendo que, o torque ($\vec{\tau}$) é definido pelo produto vetorial entre distância (\vec{d})

e força (\vec{F}), temos então:

$$\vec{\tau} = \vec{d} \times \vec{F} \quad (2)$$

cujo módulo é definido por $\sigma = d.F.\text{sen}\theta$, sendo θ o ângulo entre \vec{d} e \vec{F} . Assim reescrevemos (1) para

$$\sum_i^n d_i \cdot F_i \cdot \text{sen}\theta_i = 0 \quad (3)$$

Para o caso da haste descrito anteriormente, temos que as forças que atuam no sistema, figura 2, são representadas pelos pesos nas extremidades da haste, sendo assim, o ângulo entre a direção da força peso (P) e da distância deste até o fulcro vale 90° , uma vez que se admite o equilíbrio da haste horizontalmente. Dessa forma reescrevemos a equação (3) para

$$\sum_i^n d_i P_i = 0 \quad (4)$$

Por se tratar de um sistema com dois corpos, podemos, a partir de (4) escrever,

$$P_1 d_1 - P_2 d_2 = 0 \quad (5)$$

Sendo assim,

$$P_1 \cdot d_1 = P_2 \cdot d_2 \quad (6)$$

$$P_1 / P_2 = d_2 / d_1 \quad (7)$$

Onde, P_1 e P_2 representam os pesos, e d_1 e d_2 as respectivas distâncias até o fulcro.

Sendo assim, imaginando que o posicionamento da haste rígida seja coincidente com o eixo cartesiano x , cuja origem se encontra em do lado esquerdo para além de x_1 , e que x_{cg} seja a posição do fulcro (coincidente com a posição do Centro de Gravidade), tendo em x_1 e x_2 a posição dos respectivos pesos, P_1 e P_2 , reescrevamos a equação (7)

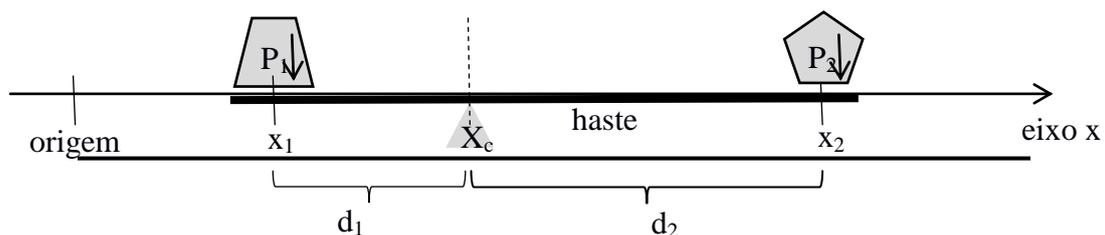


Figura 2: A imagem representa a sobreposição do eixo cartesiano ordenado na proposição citada anteriormente.

$$P_1/P_2 = (x_2 - x_{cg})/(x_{cg} - x_1) \quad (8)$$

$$P_1 \cdot x_{cg} + P_2 \cdot x_{cg} = P_2 \cdot x_2 + P_1 \cdot x_1 \quad (9)$$

$$x_{cg} = (P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2)/(P_1 + P_2) \quad (10)$$

Agora supondo uma distribuição discreta com N pesos diferentes, a aplicação do Princípio da Superposição garante a seguinte generalização:

$$x_{cg} = \frac{\sum_i^n P_i x_i}{\sum_i^n P_i} \quad (11)$$

Simplificando as parcelas da equação (11), eliminando a aceleração da gravidade, assumimos que a posição do Centro de Gravidade, que agora, matematicamente, se refere o centro de massa, torna-se:

$$x_{cm} = \frac{\sum_i^n m_i x_i}{\sum_i^n m_i} \quad (12)$$

Para uma distribuição contínua e homogênea, ou não, a equação (12) assume o seguinte formato:

$$x_{cm} = (1/M) \int r(x) dm \quad (13)$$

onde M é a massa total que atua no corpo e $r(x)$ será uma função que dependerá da distribuição da massa ao longo da haste, no caso de uma haste homogênea, $r(x)=x$.

Para o estudo do desenvolvimento matemático deste conceito em sala de aula, muitas considerações precisam ser feitas, todas perpassam pela dificuldade dos estudantes do desenvolvimento da linguagem algébrica. O estudo torna-se então, a análise de um subconjunto particular, de corpos homogêneos e regulares, pois para estes objetos, o centróide⁴ coincide com seu Centro de Massa e pode ser

⁴ Centro geométrico de corpo.

determinado por forma geométrica ou experimental de maneira simples.

Algebricamente, a determinação da localização do Centro de Gravidade em corpos tridimensionais e não homogêneos, pode ser expressa pela posição \vec{r}_{cm} determinada pela equação (13) para as três coordenadas cartesianas x_{cm} , y_{cm} ou z_{cm} .

No corpo humano, por exemplo, a posição do CG é determinado a partir dos diversos segmentos corpóreos e as respectivas localizações de seus Centros de Gravidade. A tabela abaixo apresenta uma compilação de dados, apresentada por RODACKI (s.d.), sobre uma posição média do Centro de Gravidade e o respectivo índice de massa corpórea de alguns segmentos do corpo humano.

Segmento corpóreo	Massa relativa do segmento corpóreo em relação a massa total	Posição do centro de massa em relação ao comprimento corpóreo (Sentido distal)
Cabeça, pescoço e tronco (tórax, abdômen e pélvis)	58%	60% ¹
Braço	3%	56% ²
Antebraço e mão	2%	32% ²
Coxa	10%	57% ²
Canela e pé	6%	40% ²

Tabela 3: dados da distribuição de massa corpórea e localização do centro de massa de segmentos do corpo. ¹ distância da cabeça centro do corpo. ² distância da extremidade do segmento ao centro do corpo.

Dessa forma podemos analogamente entender o corpo como um conjunto de pontos que representam os Centros de Gravidade dos seguimentos, e podemos calcular o CG do corpo como sendo o CG deste conjunto de pontos utilizando as equações (12) ou (13).

3.5 – Determinação experimental do Centro de Gravidade.

A forma experimental torna a localização do Centro de Gravidade mais dinâmica, pois consideramos as particularidades intrínsecas e existentes de cada objeto: sua não uniformidade, sua não homogeneidade, sua não regularidade entre outras características.

A determinação experimental pode ser direcionada, pela forma que se acredita ter sido utilizada por Arquimedes para verificação e demonstração de

algumas de suas proposições

(...)dependura-se o corpo por um ponto de suspensão PS_1 , aguarda-se que o corpo atinja o equilíbrio, e traça-se uma vertical passando por este ponto com o auxílio de um fio de prumo. Dependura-se então o corpo por um outro ponto de suspensão PS_2 que não esteja ao longo da primeira vertical, aguarda-se o novo equilíbrio, e traça-se uma segunda vertical passando por PS_2 . O cruzamento das duas verticais é o CG do corpo. (ASSIS, 2008, p. 122-123)

Tal método, conhecido por método da pendura, é utilizado por professores de Física na abordagem experimental do conceito. Assim como este, existem outros métodos para a determinação de tal ponto, vejamos:

A figura abaixo é ilustrada por RAPHAEL (2007) e representa um procedimento experimental para a determinação da posição do CG de um corpo. Neste caso, uma placa, representada em azul, em formato de um polígono qualquer, equilibra-se sobre um suporte com largura máxima de três milímetros.

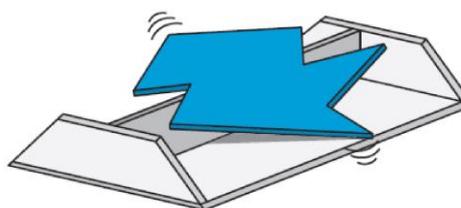


Figura 2: representação de um procedimento experimental para determinação do Centro de Gravidade.

A placa fica em equilíbrio sobre uma reta se o centro de massa da placa estiver sobre a reta. Pode-se utilizar um batente de janela ou uma ripa de madeira ou ainda um perfil de metal: a ideia é ter uma “régua” em cima da qual vamos equilibrar a placa (a face na qual a placa se equilibra deve ter não mais que 3 mm). Colocando a placa sobre a régua, o equilíbrio é alcançado quando o centro de massa da placa estiver sobre a reta. Traçamos na placa a reta e repetimos o procedimento buscando outra reta. A intersecção das duas retas novamente é o centro de massa. (RAPHAEL, 2007, p. 34 - 35)

Refletindo sobre os procedimentos, é perceptível que esta segunda maneira requer algumas tentativas para se chegar ao equilíbrio das duas partes da figura que ficam separadas pela haste. Tal resultado é conquistado por tentativa e erro. Requer um trabalho de observação, paciência e análise crítica do procedimento, ao contrário do que muitos pensam ser: uma loteria de possibilidades. Pela comodidade didática e pela rapidez do processo, para este trabalho escolhemos o primeiro procedimento descrito como parte da sequência didática do produto.

À figuras volumétricas também se aplica o método da pendura, com a

particularidade de necessitar de uma terceira pendura, dada a condição espacial do corpo. A determinação do Centro de Gravidade apela para o abstracionismo, uma vez que sua localização pode estar, ou não, no interior do corpo.

No corpo humano, afirma OKUNO (2003, p.56), a determinação do ponto equivalente ao CG foi feita experimentalmente com o método da pendura em peças de cadáveres. Dessa forma, foi possível determinar uma região onde, possivelmente, o CG se localizaria, mas, tendo algumas variações dessa localização de acordo com particularidades: a diversidade de altura das pessoas, sua distribuição de massa, a proporcionalidade corporal do indivíduo e até a postura adotada.

Fundamentado pelo exposto até o momento, apresentaremos, no próximo capítulo a descrição do produto educacional, a sequência didática proposta, bem como, mais adiante, o relato da aplicação e análise dos resultados.

Capítulo 4 - A metodologia e o produto

4.1 - A metodologia

A metodologia envolvida nessa pesquisa consiste em proporcionar ao estudante, inicialmente, uma vivência onde seu corpo seja, ao mesmo tempo, objeto e instrumento de experimentação. O produto educacional aqui relatado trata-se de uma estratégia didática para a abordagem e compreensão empírica do conceito de CG. Tal estratégia consiste no uso como metodologia didática da teoria cognitiva das Inteligências Múltiplas, entre outras, que foram apresentadas no Capítulo 2. Dessa forma, acreditamos contribuir para que a concepção espontânea sobre o conceito de CG seja significada em concepção científica de forma mais orgânica. Para isso, há desenvolvimento e ressignificação de signos corpóreos, proporcionando assim, de forma direta, a construção e significação do conceito de CG.

Não obstante, a sequência didática proposta vai além da sensibilização corpórea, aborda de maneira abrangente diversas formas de encontrar o CG de um corpo qualquer: determinação experimental do CG de figuras geométricas via método da pendura, aplicação da teoria física para corpos discretos e para o corpo humano. O processo de ensino desenvolvido é baseado numa ampla e explícita interação do professor com os estudantes, e dos estudantes entre si; sobre a questão a ser investigada. Visa a construção de conhecimento por parte dos discentes ao longo da dinâmica proposta. Tal aspecto deve estar evidente, é o que se deseja, quando das análises de dados nas respostas dos participantes aos questionários.

A aplicação foi estruturada para se desenvolver durante, pelo menos, três encontros, sendo cada um deles composto por dois tempos de aula. Através de fichas avaliativas, apresentadas logo adiante e disponibilizadas no apêndice (Apêndice A), o professor conduz uma série de atividades para a investigação do conceito de CG. O método para tal processo prevê, na primeira etapa, o próprio corpo como objeto e instrumento de estudo. Os estudantes são convidados a movimentar-se e equilibrar-se em posições específicas, e também a refletir sobre a possibilidade para cumprir a consigna dada pelo professor (regras/comandos propostos), explorando assim o movimento e criando repertório de signos corporais.

O desenvolvimento de tais signos serve de suporte para o entendimento do conceito de CG, equilíbrio estático, entre outros conceitos. O conceito é construído aos poucos e ao longo do processo de aplicação do produto.

4.2 – O produto

O produto educacional inovador, por sua vez, estrutura-se em três grupos de atividades distintas: atividades corporal-cinestésicas, atividades experimentais e atividade teórica. O primeiro bloco é dividido em três etapas diferentes: sensibilização, registro e formulação de hipóteses. Os outros dois blocos seguem didática, em parte, já conhecida pelo meio acadêmico. Cada etapa é composta por fichas de atividades ou fichas avaliativas, as quais serão apresentadas a seguir.

4.2.1 - Atividades corporais-cinestésicas

- Como atividade inicial é proposto o contato e o reconhecimento dos signos corporais, chamamos esta primeira etapa de: etapa de sensibilização. Na primeira aula acontece o primeiro contato do pensamento corporal com a física do mundo real. Esta aula poderá ser desenvolvida no pátio do colégio ou mesmo na sala de aula, caso o espaço permita. Através de um roteiro de movimentos e exercícios individuais e em duplas, dispostos na Ficha 1 (figura 3), e Ficha 2 (figura 4), respectivamente. O estudante é 'desafiado' pelas leis da Física à medida que faz contato com a percepção corporal, criando-se assim, o signo corporal.
- O professor narra as consignas das posturas para o estudante, informando-lhe a forma de pesquisar o seu ponto corporal de equilíbrio, sendo ele, ora estável ora instável, ora pertencendo ao corpo, ora fora dele.
- O estudante por sua vez registra na ficha, no campo ao lado de cada postura, suas observações. É importante observar, que o grupo dos três primeiros movimentos da Ficha 1 não são possíveis de serem realizados, ao passar para as duas posturas finais sim. Na Ficha 2 (figura 4) todos os movimentos são possíveis e fazem com que os estudantes desenvolvam a percepção do trabalho em duplas, entendendo os dois corpos em pesquisa como um único sistema, como um corpo (objeto) novo.

- Pede-se, então, que os estudantes procurem em seus corpos qual é o ponto mais importante ao qual eles devem prestar atenção para que mantenham o equilíbrio nas posturas, ou para que executem o movimento, tentando explicar a possibilidade ou a impossibilidade de se realizar uma determinada proposta. Todas as percepções corporais dos estudantes devem ser anotadas.

FICHA DE ANOTAÇÕES INDIVIDUAL

NOME: _____

 	<p>É possível fazer o movimento?</p> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	<p>Espaços para justificativas</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 60px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 60px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 60px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 60px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 60px;"></div>
 	<p>É possível fazer o movimento?</p> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	
 	<p>É possível fazer o movimento?</p> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	
 	<p>É possível permanecer na postura?</p> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	
 	<p>É possível permanecer na postura?</p> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	

Figura 3: Ficha 1



Imagem 1: Estudantes realizando os movimentos da pesquisa corporal proposta pela ficha 1

FICHA DE ANOTAÇÕES DA DUPLA
NOME: _____

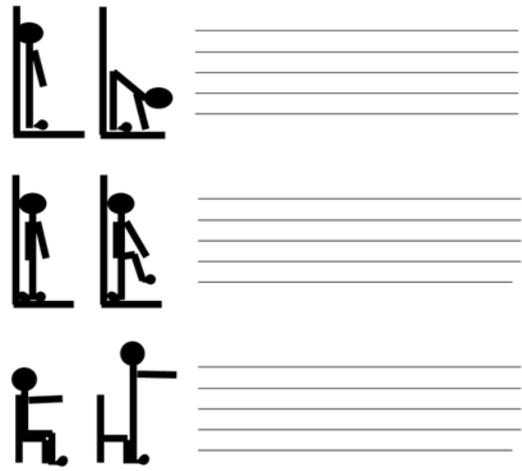
	É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Espaços para justificativas <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>
	É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
	É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
	É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
	É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
	É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	

Figura 4: Ficha 2

- Iniciando a etapa de registros e formulação de hipóteses, os estudantes são convidados a construir e registrar, individualmente, nas Ficha 3 e 4 (figuras 5 e 6), suas hipóteses para algumas posturas e movimentações, e uma formalização do conhecimento explorado, reforçando a ideia da representação vetorial, e percebendo diferenças entre força muscular e força newtoniana.

FICHA DE AVALIAÇÃO INDIVIDUAL
 NOME: _____

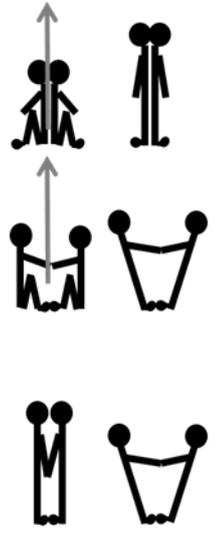
Os desenhos ao lado representam movimentos que foram tentados executar pelos alunos em uma investigação corporal. Se as consignas foram bem atendidas e executadas é seguro que ninguém conseguiu fazer qualquer destes movimentos.
 Para cada um dos casos sugira uma mudança nas condições do movimento para que eles possam ser realizados com sucesso por qualquer pessoa.



Marque na figura ao lado qual a parte do corpo que voce pensa ser determinante para manter o equilibrio do corpo e explique o seu raciocinio no espaço ao lado justificando sua escolha.

Figura 5: Ficha 3

FICHA DE AVALIAÇÃO EM DUPLAS
 NOME: _____



Os vetores, que representa o movimento da dupla ao levantar, é uma composição das forças feitas pelos dois participantes. Represente, também através de vetores, a ação que as pessoas fizeram umas nas outras a fim de realizar o movimento



Durante um exercicio, a dupla manteve-se equilibrada como na posição mostrada na figura ao lado. Baseado na diferença entre a sua massa e a do seu colega, explique quem ficará mais inclinado?



As imagens ao lado representam duas posições de equilibrio usadas por artistas circense. A pessoa que segura é chamada de "portô" e o que sobe é chamado de "volante". Tendo como base seus conhecimentos adquiridos até agora com os exercicios feitos, explique qual exige mais força dos atletas, sabendo que a unica diferença aparente entre as posições é o fato do volante estar de frente com as mão dadas com o portô ou de costas, seguro pelas canelas.

Figura 6: Ficha 4



Imagem 2: Estudantes desenvolvendo as movimentações proposta pela ficha 2 a ser analisada na ficha.

4.2.2 – Atividades experimentais

Inicia-se o segundo encontro dando continuidade a sequência didática, esta etapa é composta por três atividades, onde dois experimentos são apresentados nas Ficha 5 e 6, figuras 7 e 8; e o terceiro é um experimento qualitativo feito com um protótipo de boneco articulável confeccionado pela autora desta dissertação.

As fichas 5 e 6 apresentam orientações sucintas sobre o procedimento experimental, onde os estudantes irão se orientar ao realizarem as seguintes atividades:

- Determinar o CG de figuras bidimensionais - triângulo e retângulo - pelo método da pendura (discutido no capítulo 3),
- Determinar o CG de figuras bidimensionais pelo método que identificamos como geométrico, que nada mais é do que localizar o baricentro de figuras pelo encontro das medianas.

Vale lembrar que, geometricamente, para corpos bidimensionais, apresentamos ao Ensino Médio o seguinte procedimento para determinação do CG de figuras regulares e homogêneas. Para triângulos, o CG, ou o baricentro, como é designado nesta área, é determinado pelo encontro das medianas. Para retângulos, este ponto é determinado pelo encontro das diagonais. Para polígonos regulares o CG coincide com o centro de um círculo inscrito ou circunscrito no polígono. De forma geral, não há uma regra ou um mecanismo que se aplique a todas as formas geométricas, cada qual possui sua particularidade.

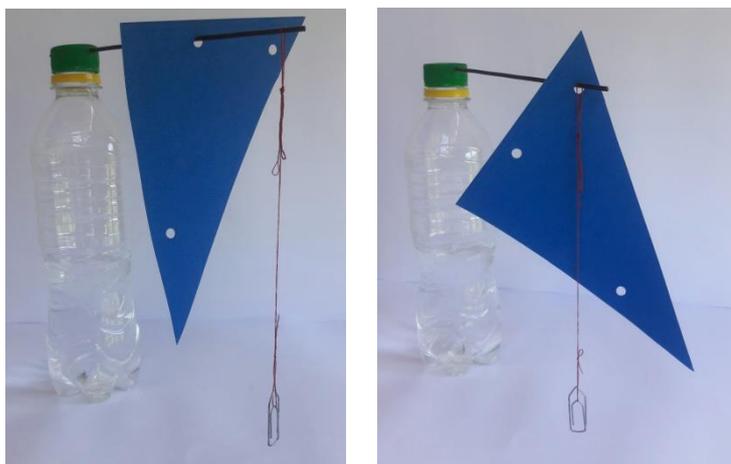


Imagem 3: Sugestão de suporte para o método da pendura e o posicionamento das figuras geométricas em relação ao prumo, melhor representado imagem da direita.

Material necessário:

Figuras geométricas em papel cartão: quadrilátero e triângulo.
 Suporte para a pendura
 Fio de prumo
 Régua
 Lápis e borracha (calculadora).
 Ficha de atividade experimental

Procedimentos:

PARTE I – método da pendura

Objetivo: marcar o centro de gravidade das figuras

Pendure uma figura no suporte em seguida coloque o fio de prumo e trace a vertical com a ajuda de uma régua. Repita o procedimento pendurando essa mesma figura por outro ponto e observe o cruzamento das linhas.

Repita o procedimento para a outra figura geométrica.

PARTE I – procedimento geométrico

Objetivo: Marcar o baricentro das figuras

Para triângulos: encontro das medianas.

Para quadriláteros: encontro dos pontos médios das laterais opostas.

Achado o ponto que representa o centro de gravidade por cada um dos métodos, localize-o através de um par ordenado (x,y) , denominando $(x_{\text{geométrico}}, y_{\text{geométrico}})$ e $(x_{\text{pendura}}, y_{\text{pendura}})$ para calcular a acurácia da medida.

Apos esses procedimentos o grupo deverá debater e preencher a ficha experimental.

Figura 7: Roteiro da atividade experimental. Ficha 5 – frente.

Durante o estudo do conteúdo notamos que existe um ponto, ao qual temos que prestar atenção, para que mantenhamos o equilíbrio do nosso corpo. Exercitaremos duas maneiras de localizar tal ponto em figuras geométricas: o método da pendura e a determinação geométrica. Compare as duas metodologias e anote as características principais de cada uma delas na tabela abaixo.

Método da pendura		Método geométrico	
Prós (vantagens)	Contras (desvantagens)	Prós (vantagens)	Contras (desvantagens)

Para a situação estudada, qual apresenta o resultado mais confiável e por quê?
(Mais confiável significa mais próximo da realidade)

Acurácia da medida (cálculo da margem de erro)

$$\text{Erro} = \frac{|\text{medida } g - \text{medida } p|}{\text{medida } g} \times 100$$

Sendo 'medida g' o valor da ordenada 'x' pelo método geométrico e 'medida p' o valor pelo método da pendura. O mesmo deve ser feito para o valor da abscissa 'y'.

Qual você acha que foi o objetivo desta aula? Acredita que ele foi alcançado? Justifique sua resposta.

NOME: _____

Figura 8: Ficha 5 – verso.

- Atividade experimental (figura 8) e aula expositiva com o boneco articulável.



Imagem 4: Método da pendura com o modelo articulável para a discussão da adaptação da posição do CG em diferentes posições corporais.

Nesta etapa teve-se a intenção de estabelecer conexão entre as posturas corporais iniciais vivenciadas pelos estudantes com o experimento da pendura. Para tal, confeccionou-se um boneco de papel cartão articulável e substituímos as figuras geométricas por ele, a fim de apresentar como se pode encontrar o CG para diversas posições do seu corpo, inclusive, quando o CG não está sobre o corpo.

Abre-se espaço para comparação entre corpos homogêneos e heterogêneos em sua densidade. No apêndice B encontra-se o passo a passo para confecção do boneco.

O modelo do corpo do boneco representado em papel cartão pode representar um corpo homogêneo, entretanto, para enriquecimento da prática, em um segundo momento, com objetivo de simular heterogeneidade da massa corporal, clips de papel foram adicionados a estrutura do boneco em diferentes partes do mesmo. É neste processo que professor ajuda a modelar a concepção espontânea formulada pelo estudante em concepção científica.

4.2.4 – Atividades teóricas analítico-matemáticas

Nesta fase final, pressupondo que os estudantes estão com concepção científica apropriada, elaboramos duas fichas onde o modelo teórico para o cálculo do CG de um corpo qualquer pode ser formalizado. Veja atividade da ficha 6, (figura 9), onde constam dois exercícios para o cálculo de CG de um sistema discreto de massas.

AVALIAÇÃO INDIVIDUAL COM PESQUISA LIVRE

NOME: _____

Cada um dos esquemas apresentados abaixo representa conjuntos de partículas. Assim como os corpos rígidos, esses sistemas também possuem um centro de gravidade (CG). Para cada um desses conjuntos calcule matematicamente a posição do CG e marque-a no eixo do conjunto, tendo como referência a reta orientada verticalmente (linha pontilhada que passa pelas figuras). Observe o exemplo ao lado e aplique o raciocínio aos demais sistemas.

Dica: considere a posição do CG das figuras no centro geométrico das mesmas

Cálculo da posição do centro de gravidade.

$$Y_{cm} = \frac{Y_1 \cdot M_1 + Y_2 \cdot M_2 + Y_3 \cdot M_3}{M_1 + M_2 + M_3}$$

$$Y_{cm} = \frac{8 \times 6 + 12 \times 2 + 16 \times 4}{6 + 2 + 4}$$

$$Y_{cm} = \frac{48 + 24 + 64}{12}$$

$$Y_{cm} = \frac{136}{12}$$

$$Y_{cm} \cong 11,3 \text{ cm}$$

Figura 9: Ficha 6

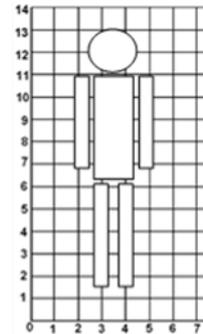
- O desafio final é apresentado na ficha 7, figura 10. Tomando como linha condutora o CG do corpo humano, o intuito desta questão é convidar os

estudantes a descrever através de palavras e cálculos matemáticos, como encontrar a posição do CG de um corpo humano de 70 Kg de massa.

DESAFIO

O corpo humano não é um corpo homogêneo, ou seja, existem partes que pesam mais do que outras e isso influencia na localização do CG. Observe a tabela a baixo. Ela refere-se à distribuição média de massa pelo corpo humano de uma pessoa com 70kg. O desenho ao lado é uma representação simplista do corpo humano descrito por esta tabela

Seguimento corpóreo	Massa média do seguimento para uma pessoa com 70kg
Cabeça e pescoço	5,6Kg
Tronco	35Kg
Braços, antebraços e mãos	3,5Kg (cada)
Coxas, canelas e pés	11,2Kg (cada)



Marque o CG em cada uma das partes da figura que representa o corpo humano.

Dica: lembre-se de como você determinou o CG das figuras geométricas

É possível a determinar de maneira matemática a posição do centro de gravidade do corpo humano? Como? Descreva seu raciocínio.

Desenvolva matematicamente seu raciocínio, utilizando para isso, os valores da tabela e a representação do corpo humano comentados acima.

Dica 1: use o mesmo procedimento do exercício anterior, mas preste atenção aos valores da massa e suas respectivas posições.

Dica 2: Faça o procedimento para os dois eixos do plano cartesiano.

Figura 10: Ficha 7

4.3 – Resumo para aplicação do produto

Para que a proposta metodológica fique mais clara e objetiva, é apresentada na tabela a seguir (tabela 4) a sequência didática desenvolvida:

	ROTEIRO	MATERIAL NECESSÁRIO
AULA 1	<p>Atividade vivencial para construção de signos corpóreos e pesquisa inicial para percepção do centro de gravidade: o professor narrará a consigna para que os estudantes possam fazer a pesquisa corporal na tentativa de executar o comando dado</p> <p>Atividade de formulação de hipótese e registro: Atividade em dupla e individual. A intenção é que os estudantes reflitam sobre o processo e formulem hipóteses para as questões observadas e orientadas com as fichas 3 e 4</p>	<p>Ficha 1</p> <p>Ficha 2</p> <p>Ficha 3</p> <p>Ficha 4</p>
AULA 2	<p>Atividade experimental: determinação do centro de gravidade de duas formas geométricas pelos métodos da pendura e geométrico.</p> <p>Os estudantes poderão seguir os roteiros apresentados e registrar as observações na ficha 5</p>	<p>Ficha 5</p> <p><i>kit</i> para experimento da pendura.</p> <p>Figuras geométricas de papelão.</p> <p>Régua</p>
AULA 3	<p>Aula expositiva do professor: Apanhado geral do processo: discussão sobre as posturas analisadas fisicamente aplicadas aos modelos.</p> <p>Formalização matemática: aplicação de exercícios tradicionais e do desafio</p>	<p>Boneco articulável</p> <p>Ficha 6</p> <p>Ficha 7</p>

Tabela 4: Roteiro para aplicação das atividades

Capítulo 5 - Análise de dados

Algumas considerações precisam ser feitas em relação a esta sondagem, e a partir disso, narrar a receptividade e o desempenho das turmas diante da aplicação do produto. Uma visão geral dos dados obtidos em resposta a atividade nos faz optar pela narrativa agrupada em turma/turno, e em consequência disso, observamos o agrupamento por escola. Dessa forma, a primeira análise refere-se a duas turmas do turno da tarde do Colégio Estadual Aurelino Leal, feita de forma mais detalhada, seguida pelas turmas do Colégio Estadual Dr. Luciano Pestre. Esta escolha foi feita por observarmos que as turmas do primeiro colégio citado responderam a proposta do produto de maneira mais sistemática e participativa. Os dados são apresentados sob forma percentual para que as observações possam ser diretamente comparadas, pois, por exemplo, no início do bimestre, a turma 1010 apresentava um quantitativo de 6 estudantes ao passo que a turma 1011 apresentava 23.

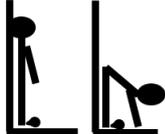
5.1 - Análise dos resultados das turmas 1010 e 1011

A primeira atividade aplicada visava um contato inicial do estudante com a linguagem corporal, possibilitando uma sensibilização corpórea e a apreciação do estudo cinestésico. Com isso os estudantes poderiam perceber a relação dinâmica entre os movimentos e o equilíbrio do corpo. Essa atividade foi feita, primeiro individualmente e depois aos pares.

A ficha 1 (Figura 3), reapresentada abaixo para a comodidade da leitura e acompanhamento da análise, propõe a vivência de cinco posturas de equilíbrio corporal em sequência. As três primeiras posturas, como já apresentadas, são posturas impossíveis de serem realizadas, devido a uma condição particular de posicionamento do CG fora da base corpórea. As duas outras posturas são possíveis de serem realizadas e possuem grau de dificuldade diferente. É com a análise desta ficha que observamos a aplicação dos conhecimentos prévios dos estudantes.

FICHA DE ANOTAÇÕES INDIVIDUAL

NOME: _____



É possível fazer o movimento?

Sim

Não

Sim, mas eu quem não consigo

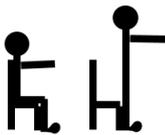


É possível fazer o movimento?

Sim

Não

Sim, mas eu quem não consigo



É possível fazer o movimento?

Sim

Não

Sim, mas eu quem não consigo

Espaços para justificativas



É possível permanecer na postura?

Sim

Não

Sim, mas eu quem não consigo



É possível permanecer na postura?

Sim

Não

Sim, mas eu quem não consigo

Figura 11: Ficha de sensibilização individual

Em resposta a essas atividades observemos os gráficos:

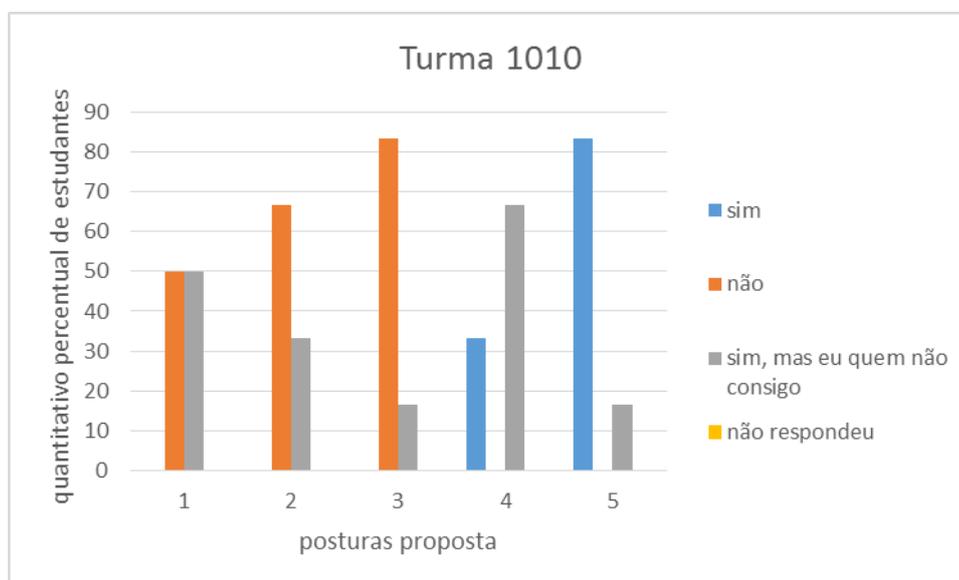


Gráfico 2: Análise das respostas dos estudantes da turma 1010 para a atividade vivencial individual. Importante frisar que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.

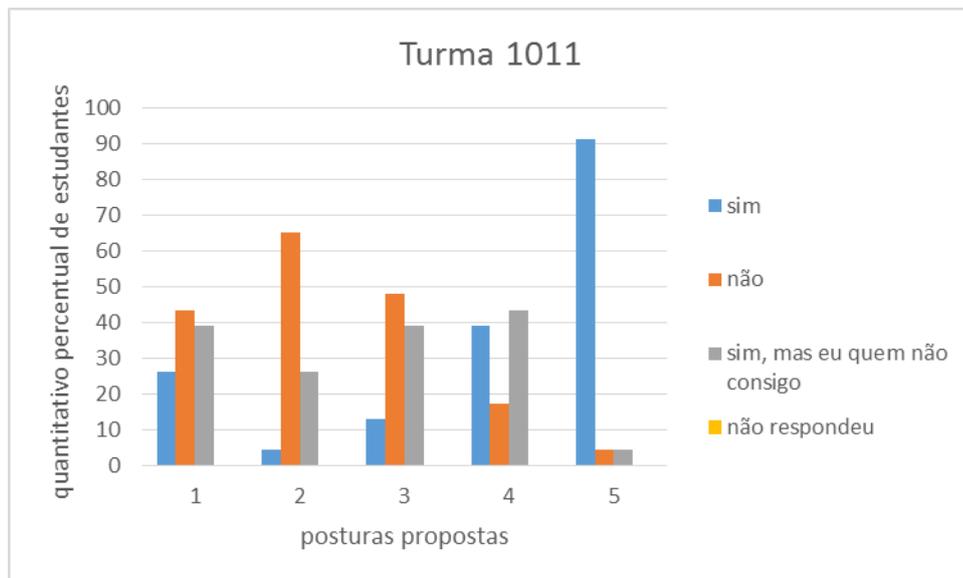


Gráfico 3: Análise das respostas dos estudantes da turma 1011 para a atividade vivencial individual. As posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.

Inferimos dos gráficos acima a percepção gradativa dos estudantes em notar a impossibilidade de realizar as três primeiras posturas (gráfico 2), uma vez que, como já apontado, a posição dos CG torna-se instável no momento do movimento. Embora os estudantes não tivessem a consciência formal do conceito envolvido nessa dinâmica, nota-se uma incidência maior da barra cor laranja, representando a percepção da impossibilidade de realizar a postura. Ao mesmo tempo, observa-se, nas duas primeiras posturas, uma diminuição significativa da incidência da resposta “sim” ou “sim, mas eu quem não consigo” e um aumento da resposta “não”.

Em análise mais restrita, nota-se na turma 1010 o aumento gradativo da percepção nas três primeiras posturas, não havendo nenhuma resposta sobre a possibilidade de reproduzir o movimento. Ao mesmo tempo, para que esta dedução ganhe consistência, podemos apontar, para a turma 1011, o índice decrescente para a possibilidade de realização da postura. Sendo assim, as duas informações observadas nos gráficos nos deixam entender que há um ganho de percepção sobre o conceito, mesmo não formalizado cientificamente.

Entretanto as barras referentes a terceira postura observada no gráfico 3, referente a turma 1011, não segue a dinâmica relatada como análise. Uma das prováveis justificativas para tal, é que, com a numerosidade da turma os estudantes não puderam ser orientados de forma mais específica nas condições de realização do movimento. Nesta tentativa, em referência a terceira postura da Ficha 1, era fundamental que os estudantes não movessem o tronco para levantar-se da cadeira

e mantivessem o ângulo entre as coxas e as canelas como um ângulo reto. Certamente os estudantes que conseguiram realizar o movimento não estavam atentos a estas observações, tampouco pôde haver uma orientação individual aos estudantes, apresentando apenas a consigna do movimento de forma coletiva.

As duas últimas atividades da Ficha 1 (figura 3 reapresentada como figura 11), apresentam posturas possíveis de serem reproduzidas, embora haja dificuldade e necessidade de alguma força e consciência corporal. De qualquer forma, é notado, em ambos os gráficos, a percepção dos estudantes para a possibilidade da realização da postura, e aqui sim, havendo a consciência dos que não conseguem, não o fazem por uma limitação corporal individual e não uma condição da Física.

As anotações feitas pelos estudantes nesta parte dividem-se em três categorias: justificativas baseadas na falta de habilidade corporal do estudante (falta de flexibilidade, dor por causa do possível posicionamento, parte do corpo que atrapalha etc), justificativa baseada no equilíbrio corporal e na categoria associada as respostas que fogem a temática.

Categorias	Exemplos
Condição ou habilidade corporal	<i>"Eu tenho um bom alongamento"</i> <i>"Eu acho que tem que ter habilidade"</i> <i>"As pernas não aguentam o peso do corpo"</i> <i>"Meu bumbum atrapalha"</i> <i>"Flacidez"</i> <i>"Porque eu não tenho coordenação motora"</i> <i>"Teve uma dor muito forte na perna esquerda, câibra"</i> <i>"Não faço exercícios sou muito sedentário não tenho preparo"</i>
Equilíbrio corporal	<i>"Eu perco o equilíbrio"</i> <i>"Meu corpo se desestabiliza"</i> <i>"Descer devagar e controlar o peso do seu corpo na lombar"</i> <i>"Porque eu vou cair"</i> <i>"O corpo não permanece na posição, ele vai pra frente"</i> <i>"Eu consegui, mas o meu peso me jogou pra frente fazendo com que eu perca o equilíbrio"</i> <i>"Eu não consegui ter equilíbrio suficiente"</i>
Fogem a temática	<i>"A parede limita seu espaço"</i> <i>"Porque eu não tenho espaço suficiente"</i>

Tabela 5: Justificativas apresentadas pelos estudantes em resposta aos estímulos oferecidos com a ficha 1

É importante que o estudante se perceba individualmente antes de interagir com o outro, assim investem mais criticamente conscientes nos movimentos. A ficha que faz sequência a atividade (Ficha 2 – figura 4), também reapresentada abaixo (figura 12), possibilita interagir com a dinâmica de equilíbrio em um sistema de dois corpos.

Esta fase da pesquisa corporal na sequência didática do produto também se divide em duas partes: as três primeiras posturas, que podem ser realizadas facilmente, e as duas últimas, necessitam de mais consciência e disponibilidade corporal.

FICHA DE ANOTAÇÕES DA DUPLA

NOME: _____

		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Espaços para justificativas
		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	

Figura 12: Ficha de sensibilização em duplas

Os gráficos que seguem representam a compilação das respostas dadas pelos estudantes a esta atividade.

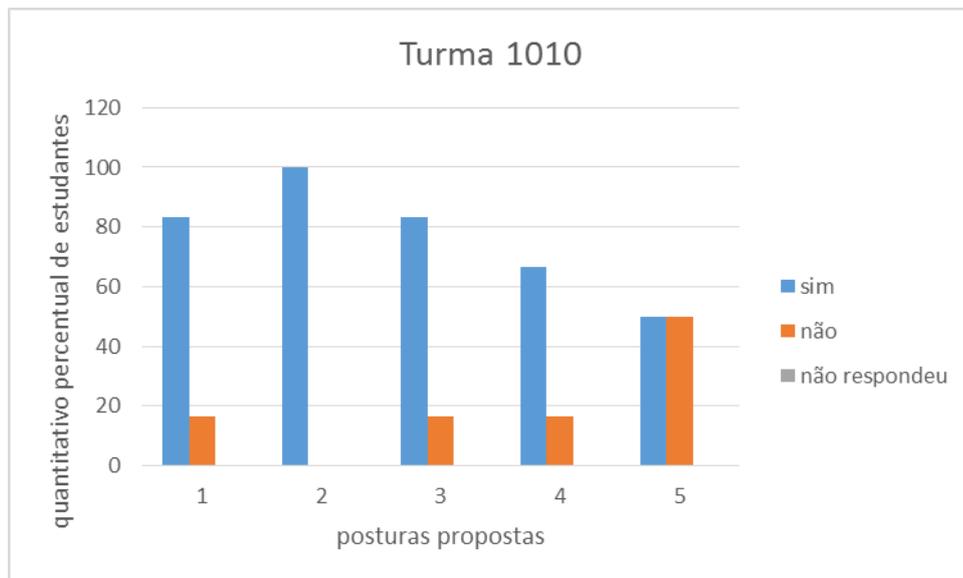


Gráfico 4: Análise das respostas dos estudantes da turma 1010 para a atividade vivencial em duplas. As posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.

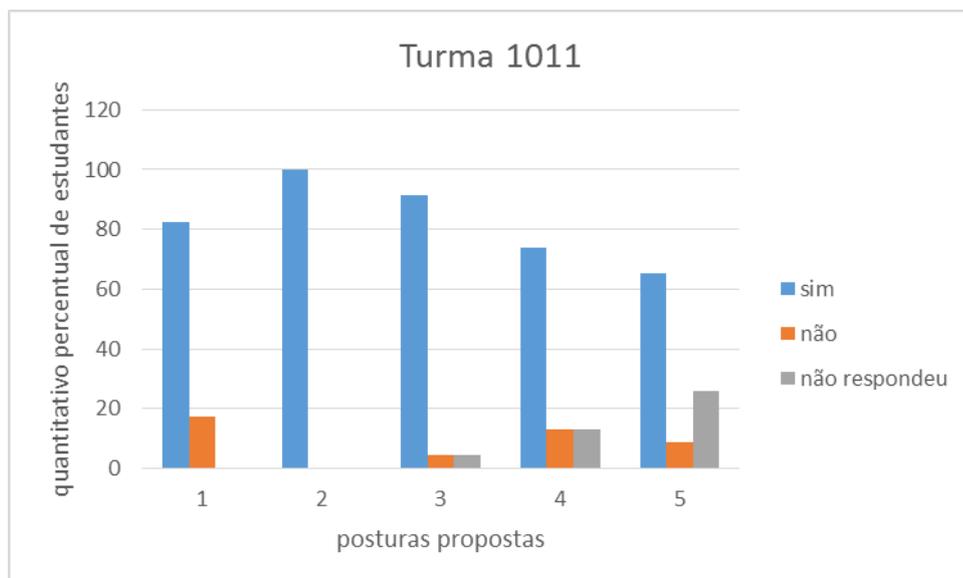


Gráfico 5: Análise das respostas dos estudantes da turma 1011 para a atividade vivencial em duplas. As posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.

Nas duas turmas nota-se a percepção da maioria dos estudantes para a possibilidade de realizar o movimento proposto pelas três primeiras representações da figura 12, embora, os gráficos apresentem um baixo quantitativo dos estudantes que não conseguiram realizá-las.

Durante a atividade, na tentativa de executar a primeira postura em duplas, foram ditas algumas informações sobre o sentido da força que deveria ser aplicada. Aos poucos mais duplas foram executando as posturas e perceberam que a força

resultante aplicada deveria ser uma soma da força que ambos fariam para trás e para cima, acarretando no movimento ascendente do sistema.

O desdobramento desse raciocínio foi observado na terceira postura, por isso observamos ou a diminuição do índice as respostas “não” na turma 1011 e a manutenção deste mesmo índice na turma 1010, mostrando que o raciocínio não foi alcançado na experimentação corporal da primeira para a terceira postura.

As justificativas, anotada pelos estudantes nos campos em branco, agrupam-se nas mesmas categorias já apresentadas na análise da ficha anterior:

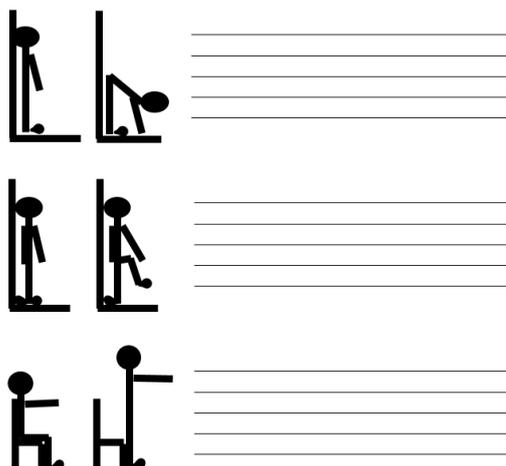
Categorias	Exemplos
Habilidade corporal	<p>“Depende da pessoa que está com você”</p> <p>“É impossível pra mim”</p> <p>“Conheço meus limites”</p>
Equilíbrio corporal	<p>“Eu consegui porque joguei minhas forças nas costas do coleguinha”</p> <p>“Se você e seu parceiro fazer força vocês conseguem”</p> <p>“É possível fazer, basta empurrar pra trás”</p> <p>“Os dois precisam se sincronizar com a mesma força”</p> <p>“Os dois tem o mesmo peso é possível se equilibrar”</p> <p>“Foi necessário a mesma força”</p>
Fogem a temática	<p>“Não senti nada”</p> <p>“Só observei”</p>

Tabela 6: Justificativas apresentadas pelos estudantes em resposta aos estímulos oferecidos com a ficha 2.

O início da formalização do conhecimento parte das propostas apresentadas pelas Fichas 3 (figura 5) e 4 (figura 6), reapresentadas a seguir como figura 13 e figura 14. A intenção desta primeira ficha citada é, com a primeira questão, possibilitar o estudante refletir mais profundamente sobre a condição de equilíbrio dos corpos e, com a segunda questão, refletir qual a parte determinante do corpo para manter a condição de equilíbrio

FICHA DE AVALIAÇÃO INDIVIDUAL
NOME: _____

Os desenhos ao lado representam movimentos que foram tentados executar pelos alunos em uma investigação corporal. Se as consignas foram bem atendidas e executadas é seguro que ninguém conseguiu fazer qualquer destes movimentos.
Para cada um dos casos sugira uma mudança nas condições do movimento para que eles possam ser realizados com sucesso por qualquer pessoa.



Marque na figura ao lado qual a parte do corpo que voce pensa ser determinante para manter o equilibrio do corpo e explique o seu raciocinio no espaço ao lado justificando sua escolha.

Figura 13: Ficha de elaboração de hipótese para as atividades realizadas individualmente.

Nas respostas dadas para modificações das condições do movimento pôde-se observar a incidência de três tipos de respostas, as que sugeriam a forma negativa da consigna, que era de não desencostar o quadril e os pés da parede, as que sugeriam a intervenção com algum elemento externo para apoiar ou segurar, e as que fugiram da proposta ou não apresentaram nexos.

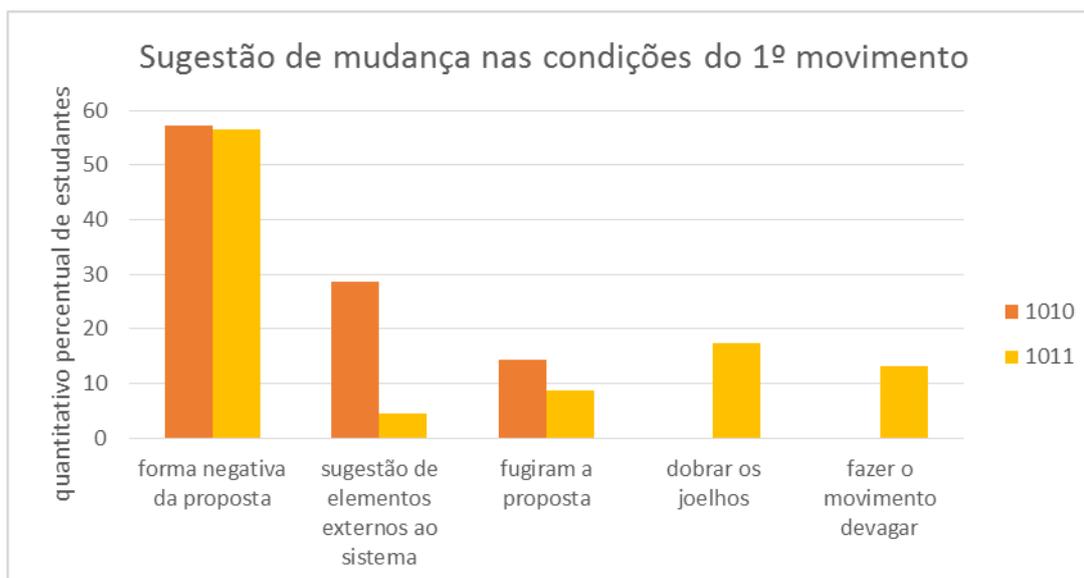


Gráfico 6: Estatística da formulação de hipóteses das turmas 1010 e 1011 solicitadas com o primeiro movimento na primeira questão proposta na Ficha 3.

A alta incidência de respostas que sugerem a forma negativa da consigna, nos faz perceber a falta de pensamento crítico científico nos estudantes. Na proposta do movimento foram estabelecidas as seguintes regras: não desencostar o quadril e os calcanhares da parede, e como forma de executar o movimento os estudantes reformularam a proposta ao invés de sugerir algum outro mecanismo.

Como ilustração desta observação a tabela abaixo apresenta alguns argumentos dentro das categorias que não ficaram explícitas no gráfico anterior:

Categorias	Exemplos
Forma negativa da consigna	<i>“Se a bunda não ficasse na parede qualquer pessoa conseguiria” “Desencostar o pé da parede e a bunda. Porque a bunda não fica encostada na parede quando você abaixa”</i>
Sugestão com elementos externos	<i>“[...] se eu tivesse um pé maior” “É necessário que alguém segure suas pernas” “Colocar alguma tábua na perna pra ficar reta”</i>
Fogem a proposta	<i>“Enclinar os pés” “Não consegui fazer pois meu bumbum atrapalha” “Mais ou menos pois meus pés me atrapalha um pouco”</i>

Tabela 7: Respostas apresentadas pelos estudantes para a primeira questão da ficha 3.

No entanto, duas das respostas recortadas acima merecem ser comentadas: *“[...] se eu tivesse um pé maior”* e *“Se a bunda não ficasse na parede qualquer pessoa conseguiria”*. Para a primeira, mesmo de forma não consciente houve a relação do equilíbrio com a dimensão da base do corpo por um estudante, que de fato, se tivesse o pé maior poderia ter conseguido realizar a proposta do movimento. Para a segunda, fica nítido o entendimento do estudante, mesmo sem haver exposição de conteúdo algum, que a impossibilidade para a realização do movimento não aborda condições físicas particulares, quando registra que ‘qualquer’ pessoa realizaria o movimento. De certo modo começa a haver a organização do conhecimento entendendo que as forças aplicadas ao corpo se diferem, existindo a força física muscular e a newtoniana.

A proposição para o segundo movimento, tange as mesmas especificidades abordadas na questão anterior. A consigna apresentada consistia em não desencostar a lateral do pé da parede. A turma 1010 apresentou as mesmas categorias de respostas, entendendo aqui que a sugestão de desencostar o pé da parede é uma transformação das regras do movimento, a turma 1011, talvez por ser mais numerosa, apresenta respostas mais diversificadas.

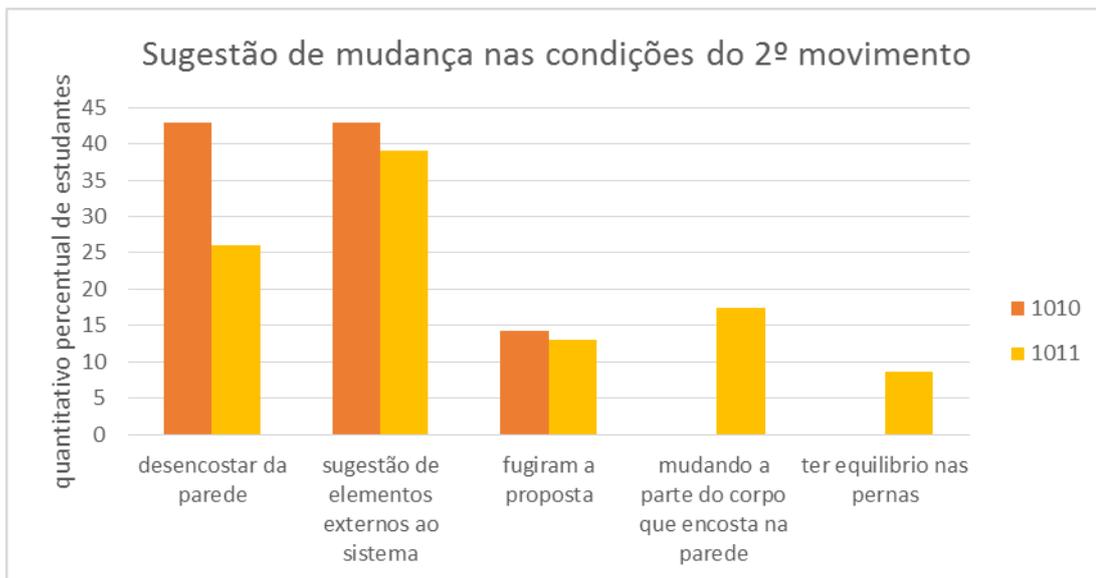


Gráfico 7: Estatística da formulação de hipóteses das turmas 1010 e 1011 solicitadas com o segundo movimento na primeira questão proposta na Ficha 3.

As respostas dos estudantes que foram agrupadas nas categorias citadas no gráfico para as sugestões de mudança nas condições do segundo movimento, são apresentadas na tabela abaixo:

Categorias	Exemplos
Forma negativa da consigna	<i>“Tirar os pés do lado da parede”</i> <i>“Desencostar da parede”</i>
Sugestão com elementos externos	<i>“Colocar alguma coisa para fazer com que sua perna fique na parede”</i> <i>“Seria necessário um apoio para manter o equilíbrio”</i>
Fogem a proposta	<i>“Eu tenho pouquíssimo equilíbrio para executar esse movimento”</i> <i>“Não consegui fazer pois minha calça atrapalhou”</i> <i>“Ter equilíbrio nas pernas”</i>

Tabela 8: Respostas apresentadas pelos estudantes para a segunda questão da Ficha 3

As propostas de modificação da última postura também foram analisadas sob os mesmos parâmetros e agrupadas em: os que apresentaram como proposta a negativa da consigna, os que conseguiram estabelecer uma proposta que envolve elementos externos, não modificando a proposta do exercício e outra que fogem a temática. Eventualmente, assim como na análise das posturas anteriores desta questão, algumas respostas não se encaixaram nas categorias estabelecidas e foram apresentadas separadamente no gráfico, como uma categoria própria.

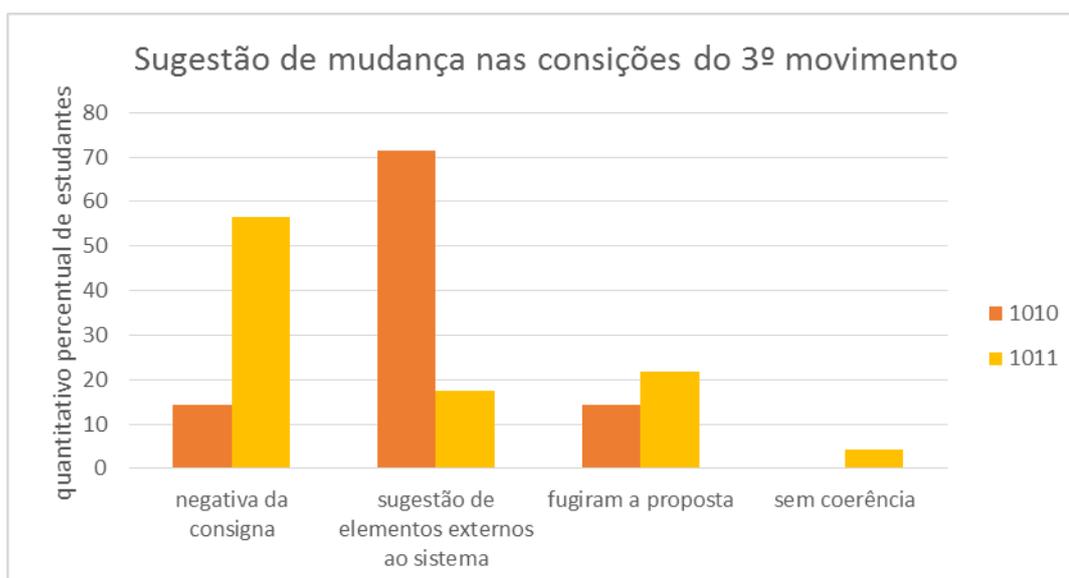


Gráfico 8: Estatística da formulação de hipóteses das turmas 1010 e 1011 solicitadas com o terceiro movimento na primeira questão proposta na Ficha 3.

Dentre as respostas dadas ilustramos algumas na tabela abaixo exemplificando os critérios obedecidos:

Categorias	Exemplos
Forma negativa da consigna	<i>“Pondo os pés mais pra trás”</i> <i>“Inclinando o corpo pra frente”</i>
Sugestão com elementos externos	<i>“Uma corda vindo do teto”</i> <i>“[...]prender os pés no chão”</i> <i>“Se sentar de qualquer jeito e usar a mão como apoio conseguira levantar”</i>
Fogem a proposta	<i>“Porque não tenho coordenação motora”</i> <i>“Eu consegui fazer”</i> <i>“Eu não consegui fazer por minha postura ser errada, quem senta corretamente deve conseguir fazer”</i>
Sem coerência	<i>“Se pudéssemos subir conseguiríamos”</i>

Tabela 9: Respostas apresentadas pelos estudantes para a terceira questão da Ficha 3

Aqui há de se fazer um parêntese para comentar uma resposta que fugiu a proposta da questão, mas apresentou algumas palavras chaves que dão significado ao produto:

“Eu consegui mas é difícil, eu quase caí para trás por causa do equilíbrio que faltou”

O estudante não percebeu que o enunciado da questão dizia que tais movimentos não são possíveis de serem realizados, ficando explícito a não realização da leitura com a atenção devida. Apesar disto, o estudante conseguiu expressar-se e ter contato com a dinâmica de equilíbrio do corpo, mesmo não realizando a proposta do exercício.

De modo geral, nesta questão, que envolve exercitar e elaborar um pensamento crítico científico, muitos estudantes puderam ter contato, fora do senso comum, com a dinâmica de equilíbrio corporal. Um olhar mais atento a esta atividade pode proporcionar a percepção de diferenças das forças físicas que se misturam nesse estudo: muscular e newtoniana.

Para a segunda questão da Ficha 3 (figura 5 – figura 13), segue abaixo um quadro relacionando as respostas dadas para a parte do corpo que julgam determinante para manter o equilíbrio e a incidência dessas respostas.

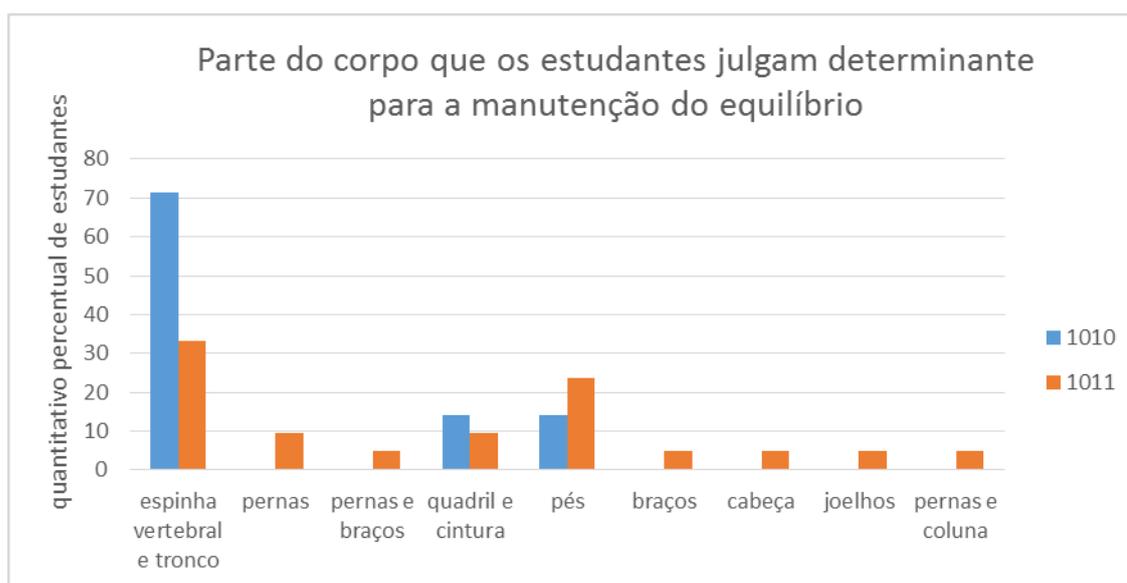


Gráfico 9: Incidência estatística das respostas obtidas na segunda questão da Ficha 3.

Em análise mais restrita com as turmas formando um único universo de análise e, agrupando as respostas apenas em: cabeça, tronco ou membros, observamos uma grande incidência de estudantes percebendo que o tronco é a parte determinante para o equilíbrio do corpo, seguido dos membros inferiores, e com menos incidência membros superiores e cabeça, respectivamente, como mostra o próximo gráfico.

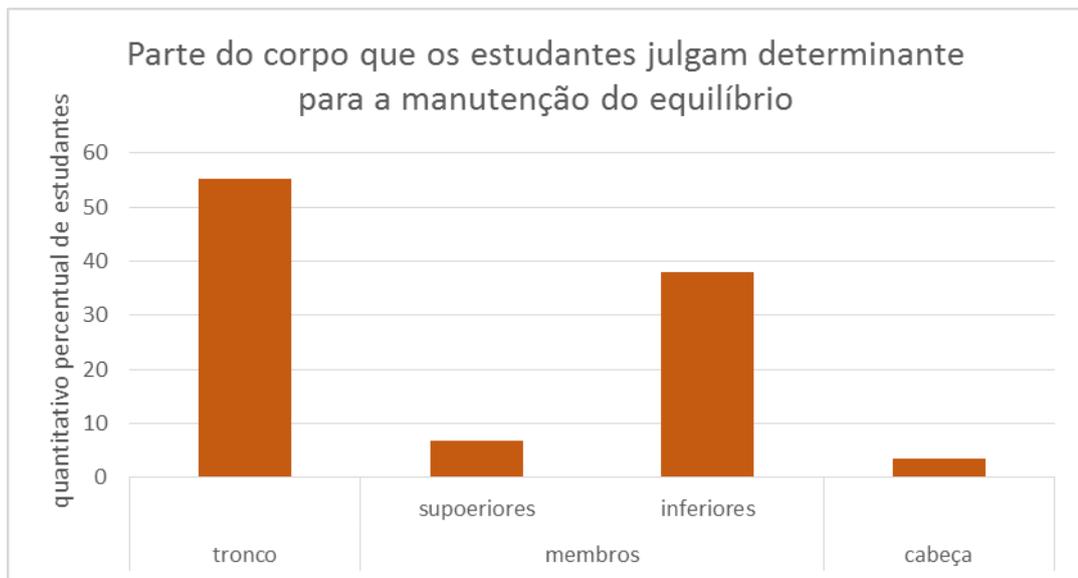
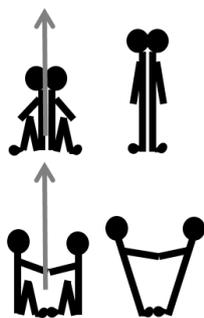


Gráfico 10: Incidência estatística das respostas obtidas na segunda questão da Ficha 3 agrupadas nas principais partes do corpo humano: cabeça, tronco e membros.

A ideia da importância dos membros inferiores no equilíbrio do corpo relaciona-se a não diferenciação pelos estudantes da força Física Newtoniana e da força física muscular. Mesmo assim, dentro do senso comum, tais respostas fazem sentido, pois, na tentativa de permanecer com o corpo colado a parede, durante os primeiros exercícios de sensibilização, os estudantes exercem grande força na alavanca dos pés a fim de permanecerem com o corpo apoiado a parede.

A Ficha 4 (figura 6), que segue abaixo como figura 14, visa verificar, com a primeira questão, o entendimento do conceito de vetor; com a segunda, a percepção da relação entre a massa e a inclinação do corpo (podendo desdobrar uma investigação inicial sobre a Lei das Alavancas); e com a terceira questão, a relação entre as forças externas e o equilíbrio do sistema.

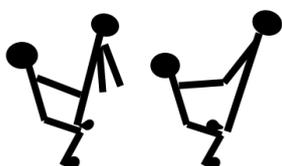
FICHA DE AVALIAÇÃO EM DUPLAS
NOME: _____



Os vetores, que representa o movimento da dupla ao levantar, é uma composição das forças feitas pelos dois participantes. Represente, também através de vetores, a ação que as pessoas fizeram umas nas outras a fim de realizar o movimento



Durante um exercício, a dupla manteve-se equilibrada como na posição mostrada na figura ao lado. Baseado na diferença entre a sua massa e a do seu colega, explique quem ficará mais inclinado?



As imagens ao lado representam duas posições de equilíbrio usadas por artistas circense. A pessoa que segura é chamada de "portô" e o que sobe é chamado de "volante". Tendo como base seus conhecimentos adquiridos até agora com os exercícios feitos, explique qual exige mais força dos atletas, sabendo que a única diferença aparente entre as posições é o fato do volante estar de frente com as mão dadas com o portô ou de costas, seguro pelas canelas.

Figura 14: Ficha de elaboração de hipótese para as atividades realizadas em duplas.

Para a distribuição estatística, observou-se, na representação dos vetores em questão, a direção e o sentido da força exercida pelo estudante em seu colega. Dessa forma, consideramos que o estudante entende as características da entidade vetorial se o representa caracterizados corretamente em sua direção e sentido, mesmo que fora do corpo ou do CG do corpo. Tem-se neste momento uma excelente oportunidade de refletir sobre o significado da representação vetorial ser feita sobre o CG, pois este último conceito ainda está em acomodação.

Dentro das considerações apresentadas temos a seguinte análise:

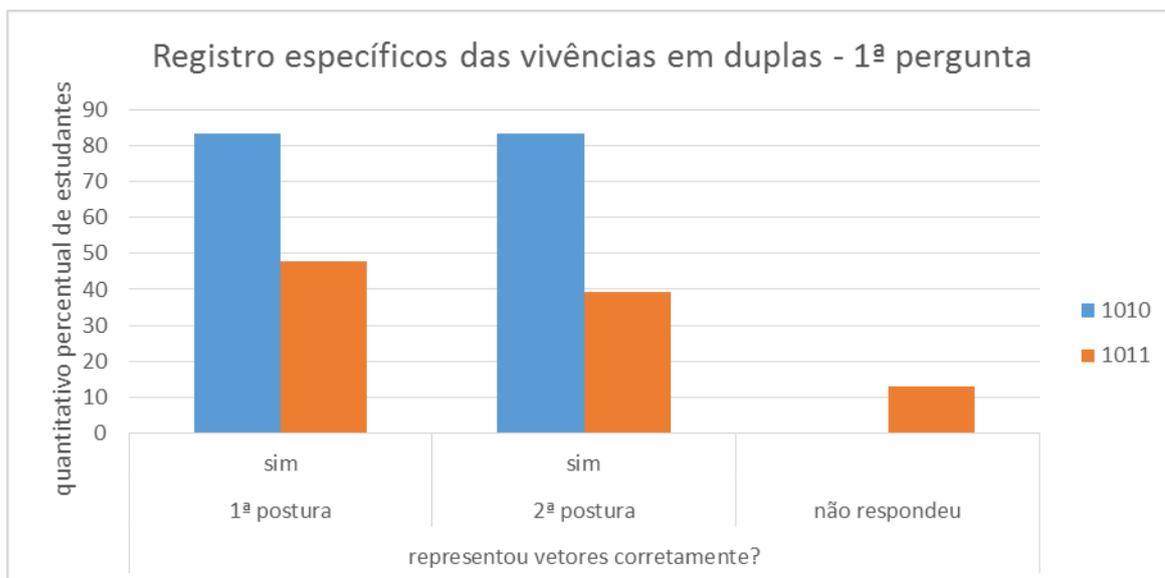


Gráfico 11: Análise estatística para a observação do entendimento do conceito de vetor, proporcionado pela primeira pergunta da Ficha 4.

Grande parte da turma 1010, representada pela cor azul, e metade da turma 1011, representada em ocre, apresentaram de maneira correta os vetores que representam as forças feitas pelos integrantes das duplas uns nos outros.

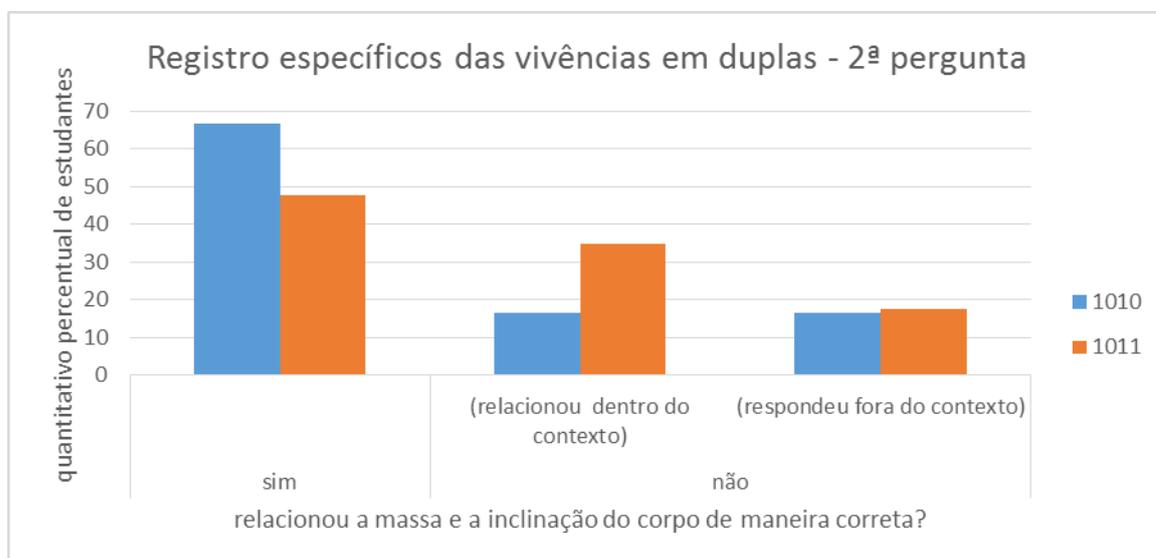


Gráfico 12: Análise estatística para a observação da construção de subsunções para formulação da Lei das Alavancas, proporcionado pela segunda pergunta da Ficha 4.

A maioria dos estudantes pôde perceber de forma reflexiva que o corpo que possui maior massa inclina menos em relação a vertical do que o corpo com menor massa. Algumas respostas a pergunta sobre quem ficará mais inclinado são: “Meu colega, pois ele é mais leve do que eu”; “Eu, pois tenho menos massa”; “O colega de

menos massa inclinará mais que o outro colega que tem mais massa” e *“A pessoa mais leve fica mais inclinada”*. Esse pode ser o princípio para uma discussão visando a significação da Lei das Alavancas, os estudantes já possuem subsunções estabelecidos.

Algumas das respostas consideradas dentro do contexto são aquelas em que o estudante estabelece alguma relação entre as grandezas mesmo que erroneamente: “não tem quem fica mais inclinado os dois estão inclinados do mesmo jeito”, “os dois estão com a mesma inclinação pois os dois estão fazendo a mesma força” e *“Eu ficarei mais inclinado porque a massa do meu companheiro de dupla é mais pesada” por exemplo*. Argumentos como: “Foi fácil manter o equilíbrio, mas a diferença de massa dificultou” e “eu porque meu colega não tem equilíbrio” foram considerados fora do contexto na da resolução da questão.

Uma possibilidade para uma percepção mais complexa é levantada com a última questão. A complexidade está no fato de o estudante ter de perceber a diferença entre a força física muscular e a força física newtoniana para responder a proposta da questão.

Os argumentos que poderiam ser entendidos como coerentes e, portanto, dentro do contexto transitam entre apontar que a força muscular do volante quando seguro pelos joelhos, deve ser maior do que quando seguro pelas mãos, isso, devido a distância entre o ponto de aplicação da força e o que eixo de rotação ser maior; notar que existe uma relação entre a inclinação do corpo do volante e o corpo do *portô*⁵; ou ainda, perceber que quando o sistema de dois corpos está em equilíbrio a força exercida por cada um nos pares é a menor possível.

⁵ Pessoas do universo circense chamam de *portô* a pessoa que serve de base ou suporte para o movimento de outro. Assim como, chamam de volante aquele que executa os movimentos fazendo o outro de base ou suporte.

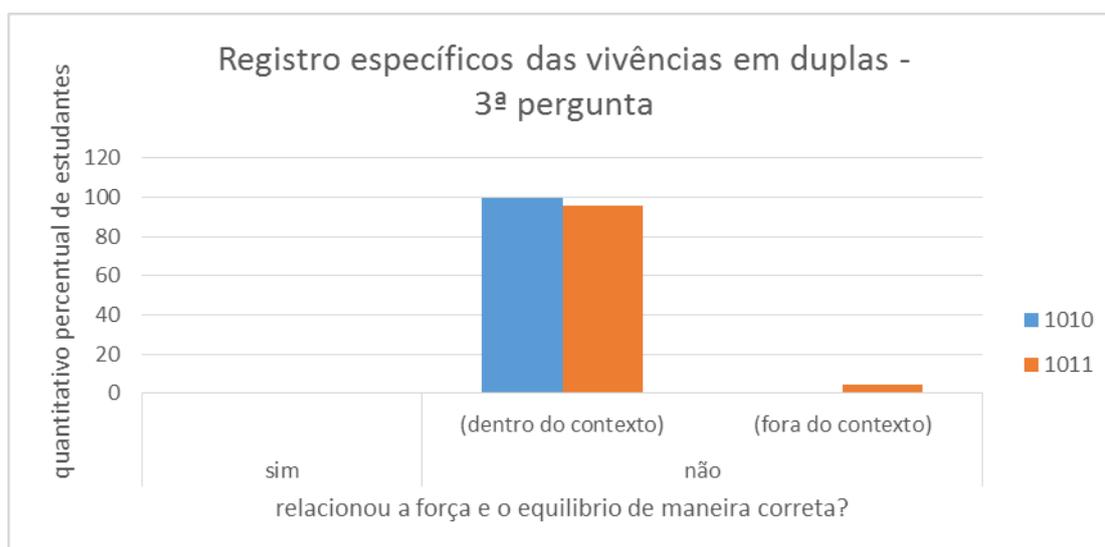


Gráfico 13: Análise estatística para a observação do entendimento da relação entre força e equilíbrio, proporcionado pela terceira pergunta da Ficha 4.

Embora a proposta da questão necessitasse de mais argumentos para a elaboração de um raciocínio a partir da vivência cinestésica, observamos respostas argumentadas dentro de um contexto coerente:

Categorias	Exemplos
Dentro do contexto	<i>“Exige mais força na pessoa que levanta a outra pessoa”</i>
Fora do contexto	<i>“Eu e meu parceiro conseguimos executar com dificuldade o movimento, mas com calma você consegue”</i>

Tabela 10: Argumentações apresentadas pelos estudantes para a terceira proposta da Ficha 4

A atividade puramente experimental a que se refere a Ficha 6 (figura rerepresentada como figura 15) desenvolvida na sequência é o ponto chave para a significação do conceito do CG. Uma vez cientes e conhecedores do complexo sistema de forças que envolvem a dinâmica de permanecer em equilíbrio os estudantes manipulam a prática experimental de forma mais própria e consciente.

Os estudantes tiveram acesso a duas metodologias para a determinação da CG: o método da pendura e o método geométrico para o baricentro de duas figuras planas, na ocasião: alguma diversidade de triângulos e quadriláteros distribuídos aleatoriamente entre os grupos. Além da explicação expositiva das metodologias, os estudantes receberam um breve resumo desses procedimentos experimentais.

Durante o estudo do conteúdo notamos que existe um ponto, ao qual temos que prestar atenção, para que mantenhamos o equilíbrio do nosso corpo. Exercitaremos duas maneiras de localizar tal ponto em figuras geométricas: o método da pendura e a determinação geométrica. Compare as duas metodologias e anote as características principais de cada uma delas na tabela abaixo.

Método da pendura		Método geométrico	
Prós (vantagens)	Contras (desvantagens)	Prós (vantagens)	Contras (desvantagens)

Para a situação estudada, qual apresenta o resultado mais confiável e por quê?
(Mais confiável significa mais próximo da realidade)

Acurácia da medida (cálculo da margem de erro)

$$\text{Erro} = \left| \frac{\text{medida } g - \text{medida } p}{\text{medida } g} \right| \times 100$$

Sendo 'medida g' o valor da ordenada 'x' pelo método geométrico e 'medida p' o valor pelo método da pendura. O mesmo deve ser feito para o valor da abscissa 'y'.

Qual você acha que foi o objetivo desta aula? Acredita que ele foi alcançado? Justifique sua resposta.

NOME:

Figura 15: Ficha da atividade experimental.

Nesta atividade, devidos as circunstâncias vivenciadas na escola durante o período de aplicação do produto, as turmas 1010 e 1011 tiveram aula juntas, formando 8 grupos com quatro integrantes cada.

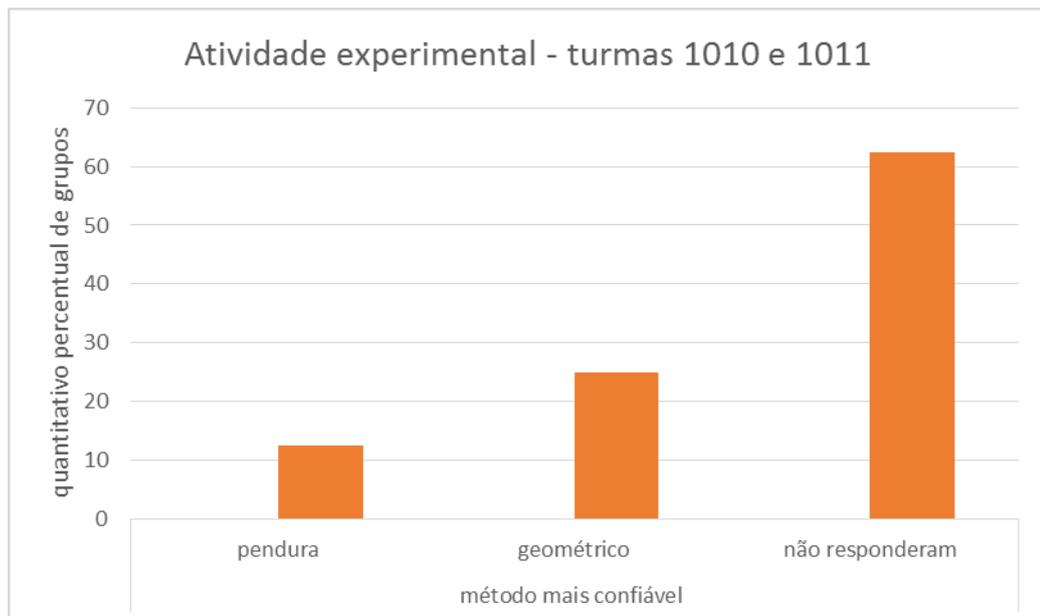


Gráfico 14: Estatística sobre o método de determinação do CG que os estudantes julgam mais confiável.

O alto índice de grupos que não responderam sobre a confiabilidade do método pode estar relacionado a forma da disposição gráfica da pergunta (veja a figura 15), mas também, torna-se importante relevar que os estudantes não possuem o hábito de leitura, a pergunta pode passar despercebida no roteiro e ser encarada como uma linha que divide as questões.

Outra possibilidade para o alto índice de respostas em branco é a falta de elementos, argumentos e subsunçores para uma comparação entre os métodos visando a elaboração de uma resposta que aponte qual dos dois é mais eficiente. Estes, e muitos outros estudantes, não participaram de um processo educativo que envolvesse práticas experimentais. Dessa forma, não constroem conhecimento a respeito das particularidades desta ou outras metodologias de aprendizagem e, portanto, não são capazes de formular uma escolha consciente, podendo apenas escrever uma resposta aleatória.

A pergunta não foi respondida pela maioria dos grupos, apesar de elaborarem e registrarem argumentos para as vantagens e as desvantagens de cada um dos métodos. Observe:

grupos	método geométrico		método da pendura	
	pró	contra	pró	contra
1	"mais exato"	"necessita de cálculos"	"fácil e rápido"	"não é exato"
2	"não vimos vantagem"	"não achamos o valor exato"	"facilidade"	"nenhum"
3	"mais eficiente"	"complicado"	"as linhas já vem certas"	"demora muito"
4	"conseguimos encontrar o centro certo e o errado facilmente"	"mais trabalhosos, as medidas com régua tem de ser extremamente certas"	"rápido"	"complicado"
5	"pode usar a matemática e ser fácil"	"mais trabalhosos achar o resultado"	"com a gravidade no pêndulo dá a medida exata"	"qualquer movimento no pêndulo pode mudar o lugar exato"
6	"mais fácil de fazer pois lidamos com medidas exatas (utilizamos a régua)"	"tivemos dificuldade no lugar que é para marcar a linha"	"mais fácil de dividir em dois pois alinha com a gravidade"	"difícil de fazer a linha na parede, o barbante atrapalha"
7	"a régua ajuda"	"os milímetros da régua complicam"	"com o nó temos uma base para medir o que se pede"	"temos que esperar certo momento o prumo ficar parado para podemos medir"

8	<i>“podemos medir com a régua a linha exata”</i>	<i>“precisa medir os lados da figura para o resultado exato”</i>	<i>“não precisa medir os lados da figura”</i>	<i>“fazer a reta em cima da linha”</i>
---	--	--	---	--

Tabela 11: Registro das características positivas e negativas dos métodos geométrico e da pendura para a determinação do CG.

A partir de uma análise feita sobre a percepção experimental podemos observar que certos grupos conseguiram destacar os erros grosseiros pertinentes aos métodos, como, para o método da pendura: “qualquer movimento no pêndulo pode mudar o lugar exato” ou “temos que esperar certo momento o prumo ficar parado para podemos medir”. Podemos ainda perceber, nas respostas dadas pelos estudantes do grupo 7 para o método geométrico, por exemplo, ganhos secundários. Os componentes do grupo entendem que a régua é um instrumento importante e preciso para a determinação do CG pelo método geométrico “a régua ajuda”, embora percebam suas limitações para aferição da medida exata “os milímetros da régua complicam”.

A intensão da proposta é que os estudantes percebessem que o método da pendura é mais suscetível a erros grosseiros do que o método geométrico. O primeiro, por sua vez, conta com uma série de considerações para que o resultado seja entendido como verídico: a influência do atrito no suporte do método da pendura para a determinação do CG, a irrelevância dos buracos feitos nas figuras geométricas para a dinâmica do equilíbrio, a utilização correta do prumo por exemplo. Para o método da pendura o prumo é o instrumento chave, deve ser usado de maneira cuidadosa pois qualquer toque pode alterar a posição da linha vertical que passa pelo CG, devendo, desse modo, esperar o movimento pendular do instrumento cessar.

Para o método geométrico, a consideração para a veracidade do resultado encontrado perpassa apenas pela imprecisão milimétrica aferida com a régua, ainda que em diversos momentos. Por esse motivo, foi considerado, para a acurácia da medida, o método geométrico como o método mais preciso ou menos suscetível a erros.

Na sequência didática aplicada, a acurácia da medida foi apresentada para que os estudantes entrassem em contato com a confiabilidade das medidas feitas. De certo modo, os valores apresentados na tabela abaixo, refletem o quão cuidadosos os estudantes foram ao realizarem os métodos.

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8
Triângulo	3%	2%	-3%	3%	0%	1%	0%	2%
Quadrilátero	1%	16%	-4%	11%	0%	6%	1,8%	7%

Tabela 12: Valores encontrados para a acurácia dos métodos geométrico e da pendura na determinação do CG.

Os procedimentos matemáticos realizados para determinar os valores acima foram reproduzidos a partir de um modelo que já admitia o método geométrico como método mais confiável.

Ainda sobre essas notações, infere-se a falta de familiaridade com símbolos bem como com o operador de módulo nos procedimentos matemáticos, visto que, nos registros numéricos estes não foram escritos e nos resultados um dos grupos apresentou o valor da acurácia como um valor negativo.

Como a proposta do produto descrito envolve a significação do conceito, e conseqüentemente, a reflexão crítica a respeito de métodos e procedimentos, foi perguntado aos estudantes, a fim de verificar o envolvimento crítico dos mesmos durante o processo, o que eles percebiam como objetivo daquela aula. O gráfico abaixo mostra, de maneira quantitativa, a resposta dada pelos grupos.

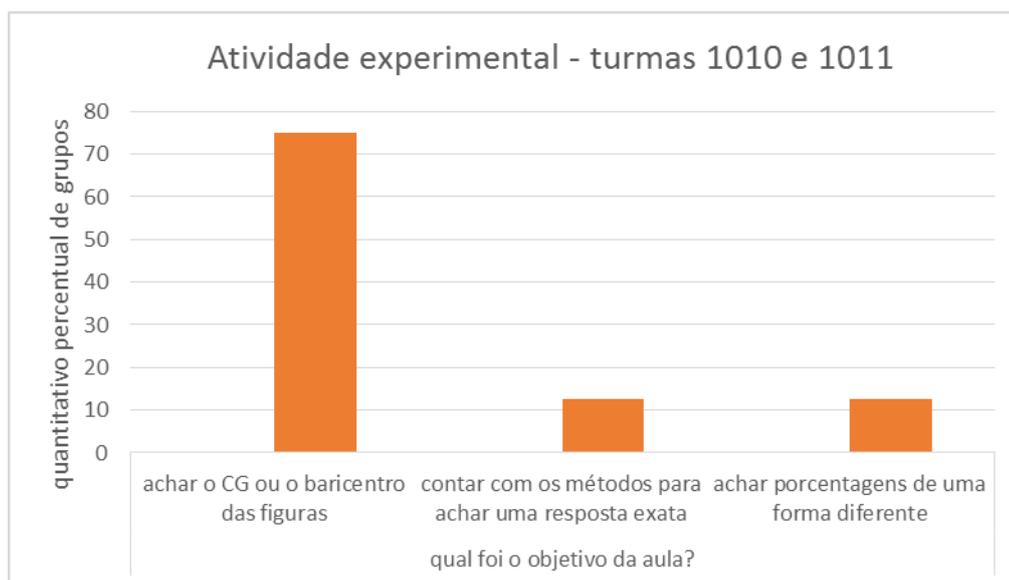


Gráfico 15: Sondagem possibilitada pela Ficha 5 abordando a percepção do estudante para o objetivo da aula.

Em termos numéricos, seis, dois oitenta e oito grupos, entenderam que o objetivo da aula era determinar o CG das figuras, mesmo que não tivessem realizado os procedimentos ou os cálculos de forma precisa e correta.

Os estudantes, incentivados pelo professor, participaram de um debate sobre os movimentos apresentados na última aula. Os movimentos são demonstrados com auxílio do modelo articulável para observar o seu CG em relação a sua base. Nesse

momento, além da análise vetorial das posturas sugeridas notando a impossibilidade de realização dos movimentos, muitos outros questionamentos aplicados ao esporte foram analisados, como por exemplo, a postura corporal do atleta no salto em altura e no salto em distância; a pirueta da bailarina; o atleta de *slackline* etc. Neste processo, o pensamento do estudante é conduzido para elaborar uma concepção científica partindo da análise das posturas realizadas e tendo como argumentos as experimentações feitas. Durante esse momento muitas sugestões, por parte dos estudantes, para a modificação na postura do boneco foi observada, manipulada e discutida, mas desta vez, tendo como base argumentos científicos.

Para observar a resposta aos trabalhos mais tradicionais do sistema de ensino atual para a determinação do CG, aplicamos a seguinte atividade:

AVALIAÇÃO INDIVIDUAL COM PESQUISA LIVRE

NOME: _____

Cada um dos esquemas apresentados abaixo representa conjuntos de partículas. Assim como os corpos rígidos, esses sistemas também possuem um centro de gravidade (CG). Para cada um desses conjuntos calcule matematicamente a posição do CG e marque-a no eixo do conjunto, tendo como referência a reta orientada verticalmente (linha pontilhada que passa pelas figuras). Observe o exemplo ao lado e aplique o raciocínio aos demais sistemas.

Dica: considere a posição do CG das figuras no centro geométrico das mesmas

Y₃ = 16cm
Y₂ = 12cm
Y₁ = 8cm

Cálculo da posição do centro de gravidade.

$$Y_{cm} = \frac{Y_1 \cdot M_1 + Y_2 \cdot M_2 + Y_3 \cdot M_3}{M_1 + M_2 + M_3}$$

$$Y_{cm} = \frac{8 \times 6 + 12 \times 2 + 16 \times 4}{6 + 2 + 4}$$

$$Y_{cm} = \frac{48 + 24 + 64}{12}$$

$$Y_{cm} = \frac{136}{12}$$

$$Y_{cm} \cong 11,3 \text{ cm}$$

Y₂ = 6cm
Y₁ = 1cm

Y₃ = 8cm
Y₂ = 7cm
Y₁ = 4cm

Figura 16: Ficha de atividade avaliativa com abordagem dentro do modelo tradicional de ensino-aprendizagem.

Refiro-me as atividades tradicionais como aquelas caracterizadas por exigir do estudante boa capacidade de repetição, isto é, atividades que priorizam mais o adestramento matemático do que o pensamento crítico na resolução de alguma questão, a metodologia desenvolvida promoveu os seguintes resultados nas turmas 1010 e 1011:

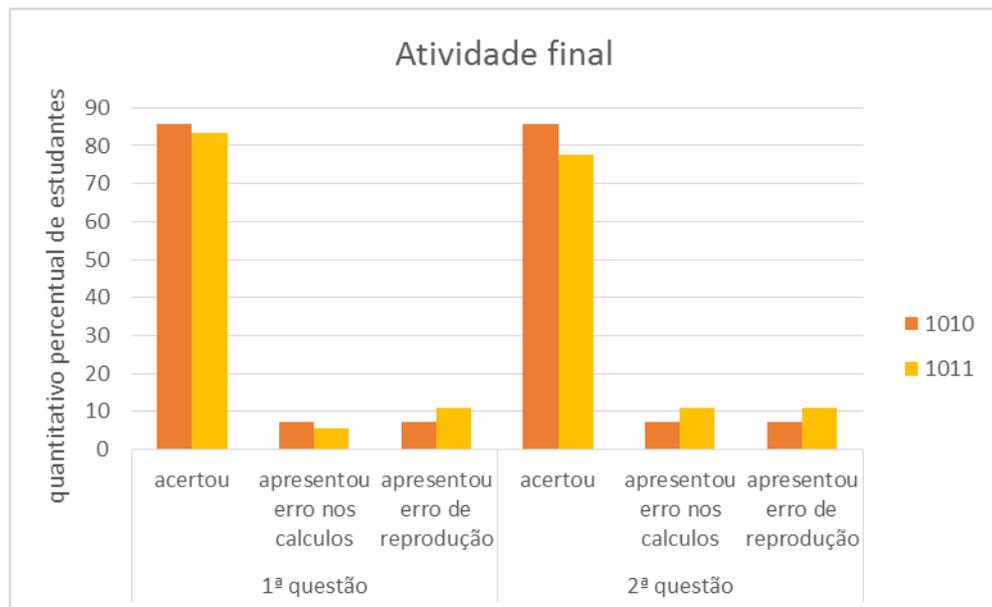


Gráfico 16: Análise estatística dos acertos obtidos a uma atividade que reproduz a metodologia mais frequente no ensino de Física.

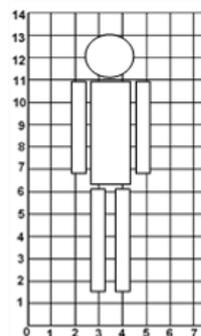
Estes acertos são considerados mesmo sem os estudantes terem apresentado a unidade de medida nas respostas finais, mesmo constando no exercício resolvido apresentado na ficha. Mesmo com isso, na turma 1010, onze, dos dezoito estudantes que acertaram a questão, significaram o resultado com a unidade de medida para a posição do CG; na turma 1011, seis, dos quinze estudantes que acertaram a questão colocaram a unidade de medida.

A última atividade foi apresentada como um desafio. Ninguém seria obrigado a fazer embora quem o fizesse de maneira correta poderia ser bem recompensado na nota. Eis a atividade (figura 17) e um panorama estatístico dos estudantes que se dedicaram a resolução da questão (gráfico 17):

DESAFIO

O corpo humano não é um corpo homogêneo, ou seja, existem partes que pesam mais do que outras e isso influencia na localização do CG. Observe a tabela a baixo. Ela refere-se à distribuição média de massa pelo corpo humano de uma pessoa com 70kg. O desenho ao lado é uma representação simplista do corpo humano descrito por esta tabela

Seguimento corpóreo	Massa média do seguimento para uma pessoa com 70kg
Cabeça e pescoço	5,6Kg
Tronco	35Kg
Braços, antebraços e mãos	3,5Kg (cada)
Coxas, canelas e pés	11,2Kg (cada)



Marque o CG em cada uma das partes da figura que representa o corpo humano.

Dica: lembre-se de como você determinou o CG das figuras geométricas

É possível a determinar de maneira matemática a posição do centro de gravidade do corpo humano? Como? Descreva seu raciocínio.

Desenvolva matematicamente seu raciocínio, utilizando para isso, os valores da tabela e a representação do corpo humano comentados acima.

- Dica 1: use o mesmo procedimento do exercício anterior, mas preste atenção aos valores da massa e suas respectivas posições.
- Dica 2: Faça o procedimento para os dois eixos do plano cartesiano.

Figura 17: Ficha da proposta de desafio

Os registros estatísticos foram agrupados em uma tabela mostrando a relação com a abordagem da proposta na ficha Desafio.

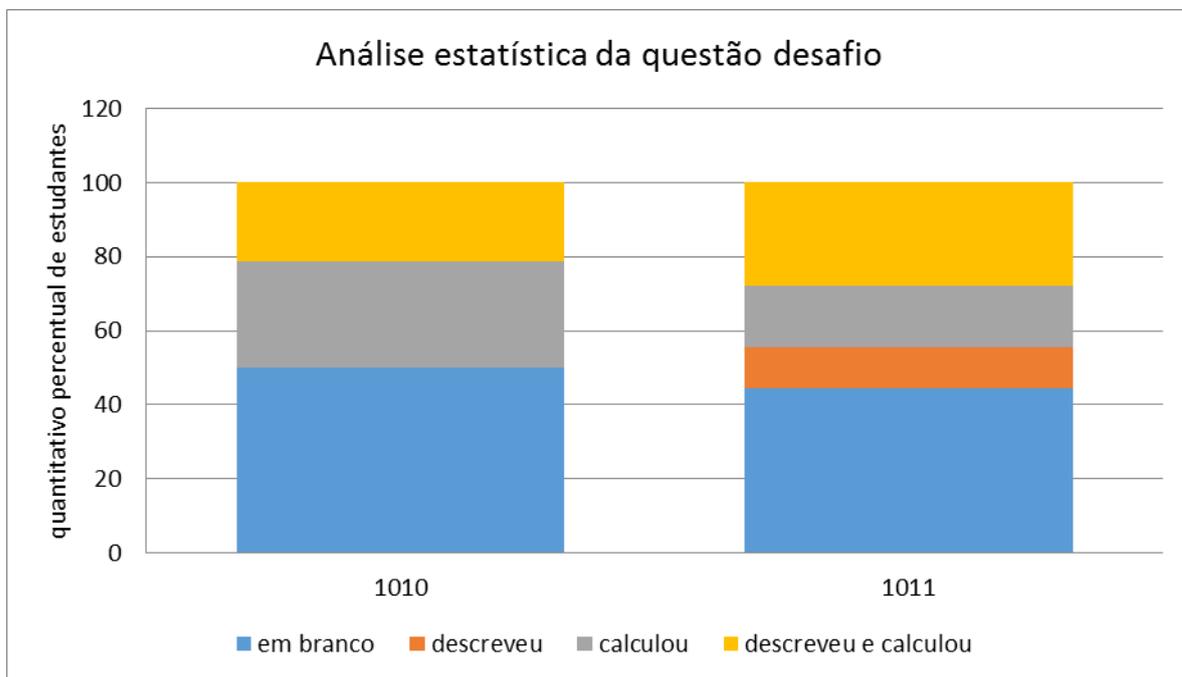


Gráfico 17: Registro estatístico da resolução da ficha Desafio.

Ou, observando apenas o quantitativo de estudantes que se dedicaram a alguma das qualidades de resposta na questão:

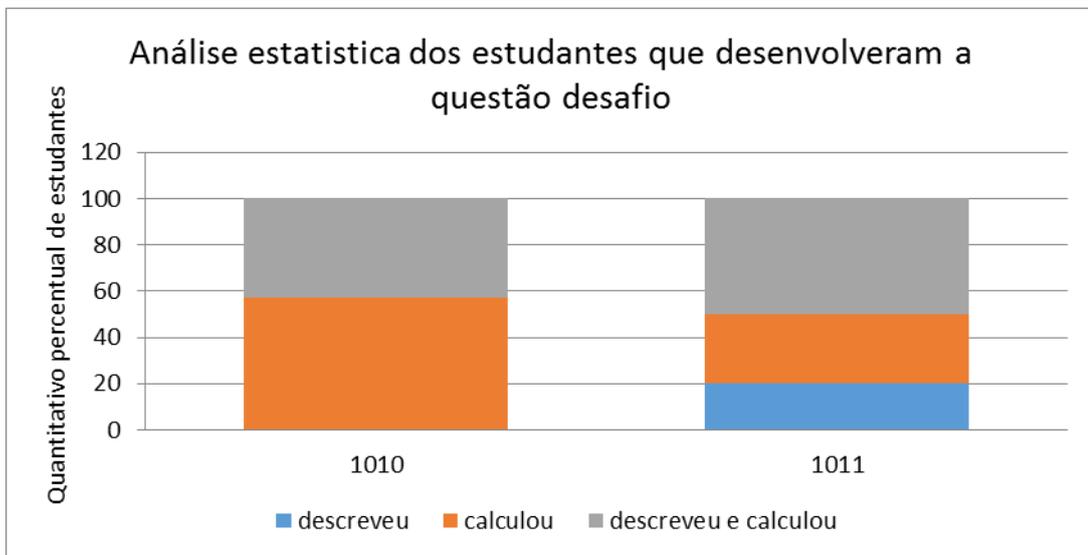


Gráfico 18: Registro estatístico da resolução da ficha Desafio, apenas com os estudantes que tentou desenvolver a questão.

Os valores apontados não se referem aos acertos dos estudantes, pois estes dados precisam ter uma análise mais cuidadosa, visto que se trata de uma questão trabalhosa. Para isto, há de se relevar dois pontos, primeiro: a falta de destreza para expressar-se de uma forma científica adequada, pois não têm familiaridade com os nomes das grandezas e conseqüentemente com sua significação; segundo: pela falta de traquejo na habilidade de expressar-se linguisticamente. Ao descreverem seus raciocínios não usaram sinônimos ou pontuação adequada e o texto prolixo na repetição de palavras torna o contexto difícil de entender. No entanto, observando o contexto geral das escritas, conseguimos perceber alguma coerência nas respostas registradas para a pergunta: “É possível determinar de maneira matemática a posição do centro de gravidade do corpo humano? Como? Descreva seu raciocínio.”, observe:

“Sim. Multiplicando todas as massas do corpo e depois dividindo pela marcação da massa”

“Primeiro se deve achar o centro gravitacional de cada parte do corpo, depois soma-los e dividi-los”

“Calcular a medida e a massa dividir entre a massa e a medida e se obtém o valor certo”

“Sim. A posição que estiver a parte do corpo vezes o peso de cada parte do corpo dividindo pelo peso inteiro do corpo. Mas, talvez, não exato!”

Abaixo segue o destaque para duas respostas: uma, por apresentar uma descrição mais detalhada (Estudante A) e outra, por apresentar um reflexo da

dificuldade de operar com a linguagem lógico matemática e sua não influencia em estabelecer uma localização para o CG (Estudante B):

“Sim. Bem, eu separei cada uma dessas partes do corpo humano e encontrei o seu centro de gravidade de cada parte, depois juntei todas essas partes em um esquema mostrado na questão anterior e o resultado eu dividi pela massa total do corpo humano, no resultado o valor não deu totalmente exato pois no final não ficou no centro, esse resultado foi um valor aproximado.” (Estudante A)

“Não. Porque eu fiz vários cálculos, porém nenhum deles fica de acordo com o centro, eu sei que é no meio, mas o cálculo exato não tem como.” (Estudante B)

As outras respostas remetiam a descrição de algum dos métodos, geométrico ou pendura, estudados em aula anterior. Com isso, podemos afirmar que todas as respostas dadas estavam apresentando algum pensamento científico coerente para solucionar a questão, embora, se considerarmos a forma sintática da pergunta as respostas que remetiam a descrição de algum dos métodos não seriam entendidas como válidas uma vez que não são descrições matemáticas e sim experimentais.

Os registros matemáticos foram observados desconsiderando o preciosismo e a significação dos valores pelas unidades de medida. Os critérios para considerar o bom desempenho nesta questão abarca identificar a ponderação das posições dos CG das partes corpóreas pelas respectivas massas, ou observar algum raciocínio lógico matemático que remeta a esta ponderação.

Posto isso, e, considerando um universo composto por 17 estudantes de ambas as turmas, observamos que:

- 6 estudantes desenvolveram o raciocínio para os eixos X e Y, entendendo a bidimensionalidade do corpo, 5 chegaram a resposta bem aproximada, 1 atrapalhou-se na determinação dos CG das partes do corpo.
- 7 desenvolveram o cálculo para apenas um eixo, o eixo y, representando a vertical na questão da ficha anterior, 2 com valores corretos e 5 com raciocínio coerente, mas com erros matemáticos que os levaram a respostas absurdas.
- 2 não finalizaram a questão, deixando apenas o registro do CG de cada uma das partes do corpo e não do corpo como um todo.
- 2 não realizaram a parte matemática apenas a parte descritiva.

Por fim, para estas turmas, todas estas atividades compuseram instrumentos avaliativos para o bimestre corrente.

5.2 - Análise dos resultados das turmas 1001 e 1002

Partindo do princípio que qualquer comparação puramente estatística se torna passível de questionamento, pois as turmas pertencem a universos particulares muito distintos, não serão descartadas as observações do contexto social e histórico nas análises que serão apresentadas a seguir. O objetivo, entretanto, não é verificar qual a turma que obteve maior rendimento, e sim, observar, no processo como um todo, se a construção e a significação do conceito de CG foram possíveis.

Inicialmente, é necessário relembrar que a turma relatada abaixo, turma 1001, acolhe os estudantes do programa autonomia, programa este, apresentado no capítulo 1.2. Vale registrar também que a maioria destes estudantes não se apresentaram receptivos a participação no trabalho, nem no que tange a parte de atividades corporais tampouco a parte onde se fazia registros, sendo estes escritos ou matemáticos. Dessa forma, as respostas de alguns participantes podem ser consideradas aleatórias, comprometendo a análise estatística do conjunto. Observamos também que, durante a aplicação desta primeira atividade, os estudantes passaram a participar de forma pouco mais consciente, a partir do momento que as movimentações passaram a ser entendidas por eles como um desafio físico, observe o gráfico abaixo:

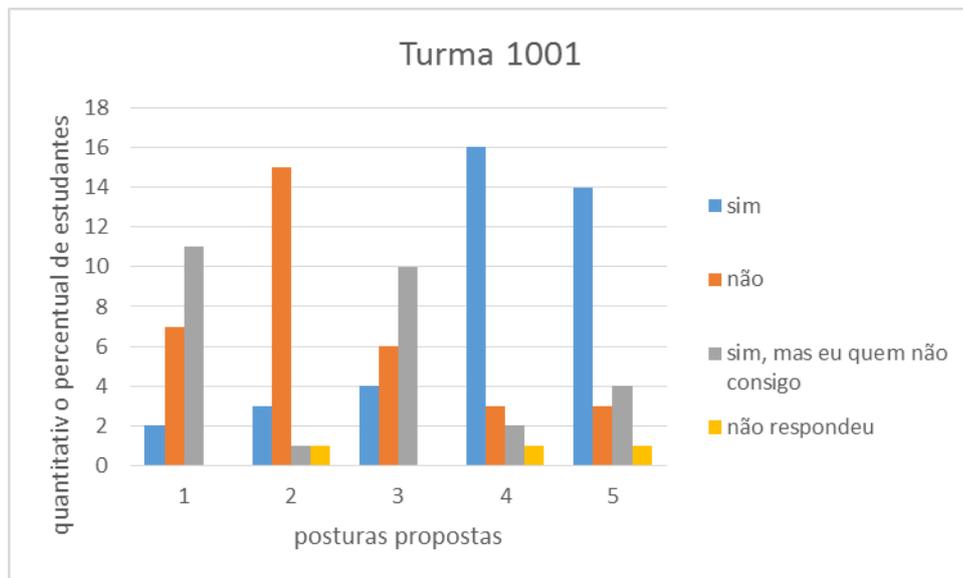


Gráfico 19: Análise das respostas dos estudantes da turma 1001 para a atividade vivencial individual. Importante frisar que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.

Mesmo dentro disso, infere-se, observando o comportamento da turma e os registros feitos em suas folhas, que grande parte das perguntas foram respondidas de forma aleatória, como já sugerido, ou como cópia da resposta de outro colega.

Nas respostas observadas para a turma 1002 (gráfico 20) infere-se um alto índice de estudantes que não responderam e não registraram as percepções nas dinâmicas de sensibilização. Vale aqui complementar que estes estudantes que não responderam, não o fizeram pois chegaram atrasados ao colégio, participando apenas do segundo tempo de aula.

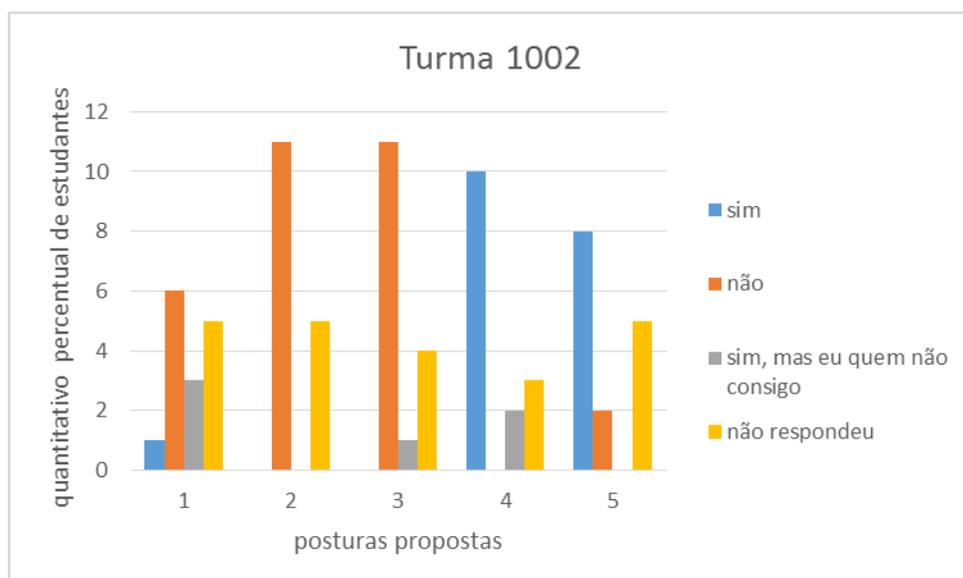


Gráfico 20: Análise das respostas dos estudantes da turma 1002 para a atividade vivencial individual. Importante frisar que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.

A impontualidade e a baixa frequência, que é comportamento cotidiano destes estudantes, comprometeu o desenvolvimento do processo cognitivo na construção do conhecimento e, mais especificamente, do conceito de CG através da metodologia apresentada pelo produto. Uma vez que, é no início da proposta, nas atividades de sensibilização, que os estudantes entram em contado, de forma mais consciente, com a linguagem corporal-cinestésica.

Com referência a Ficha 2, figura 4, que trata da vivência de sensibilização em pares, o quantitativo de estudantes que conseguiu realizar os movimentos é apresentado no gráfico abaixo. Vale ressaltar que em nenhuma das turmas os dois movimentos finais foram explorados dadas as circunstâncias observadas na ocasião: estudantes dispersos, pouco receptivos, agressivos e que faziam comentários constrangedores. O gráfico 21, abaixo, reflete os problemas relatados quando observamos o alto índice de respostas em branco na turma 1001.

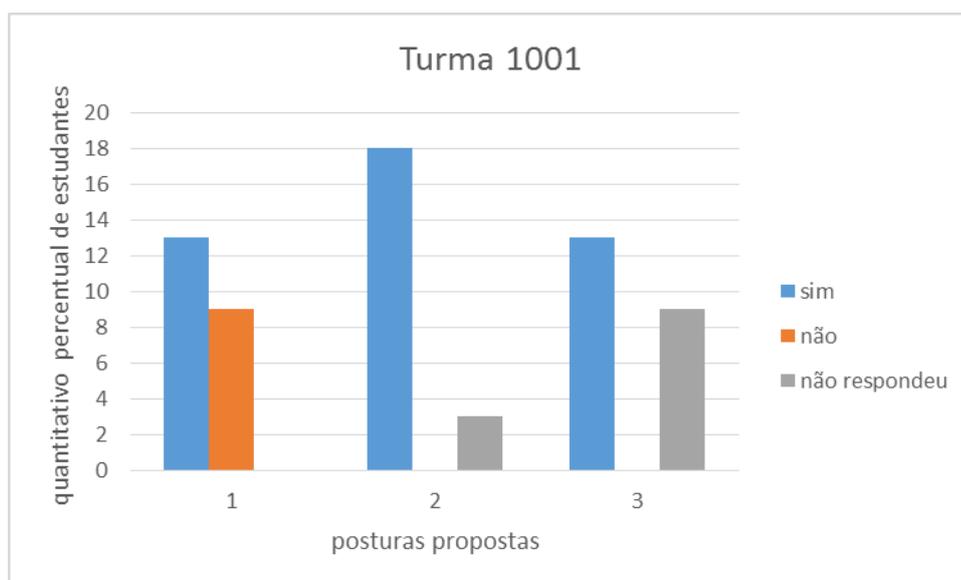


Gráfico 21: Análise das respostas dos estudantes da turma 1001 para a atividade vivencial em duplas. Importante frisar que apenas as três primeiras posturas foram estudadas e que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.

A turma 1002, apesar de ter tido o início da atividade comprometido pela impontualidade dos estudantes, passou a interagir de forma mais receptiva e consciente para observar o comportamento dos corpos com as movimentações

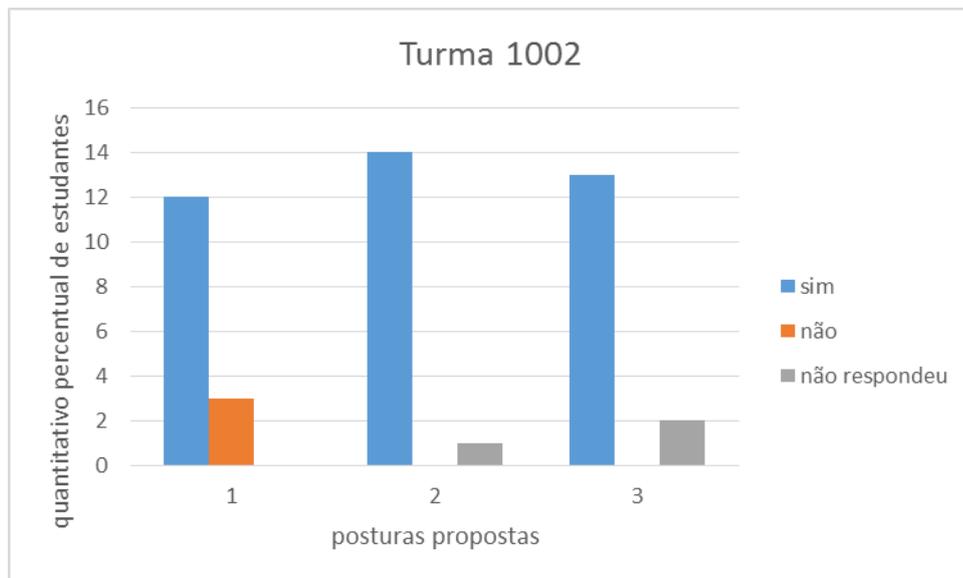


Gráfico 22: Análise das respostas dos estudantes da turma 1002 para a atividade vivencial em duplas. Importante frisar que apenas as três primeiras posturas foram estudadas e que as posturas estão identificadas pela ordem que são propostas na ficha.

Estas duas turmas, 1001 e 1002, foram as primeiras turmas nas quais o produto foi aplicado. Por este motivo e, entendendo que a sequência do produto ainda estava em discussão e construção, foi apresentado, aos estudantes da turma 1002 a prática do *slackline*. Este esporte consiste em equilibrar-se e fazer manobras (saltos, posições, movimentações complexas) sobre uma fita bamba com 10 cm de largura. O intuito era despertar e envolver os estudantes com a pesquisa do equilíbrio corporal aplicada a determinado esporte.

Na escolha de apresentar a prática esportiva a estes estudantes, abdicou-se de fazer os registros e as primeiras formalizações em sala. Esta atividade foi encaminhada para que fizessem em casa. Todos os estudantes retornaram com a atividade na semana seguinte, no entanto, nem todos a fizeram.

A turma 1001 por sua vez, não esteve em contato com a prática esportiva que fora apresentada a outra turma. Como o equipamento foi instalado em área externa descoberta, por apresentar as condições ideais para tal, a prática da atividade fica sujeita as condições climáticas, e, durante a aula da referida turma (1001) chovia. Diante deste motivo, os registros das vivências puderam ser desenvolvidos em sala, mas, nem todos os estudantes o fizeram.

Entretanto, exporemos no próximo gráfico, sem análise mais profunda, o quantitativo de estudantes que: responderam a questão de acordo com a proposta, escreveram na questão algo pertinente cientificamente mas destoante da pergunta e os estudantes que não responderam a questão.

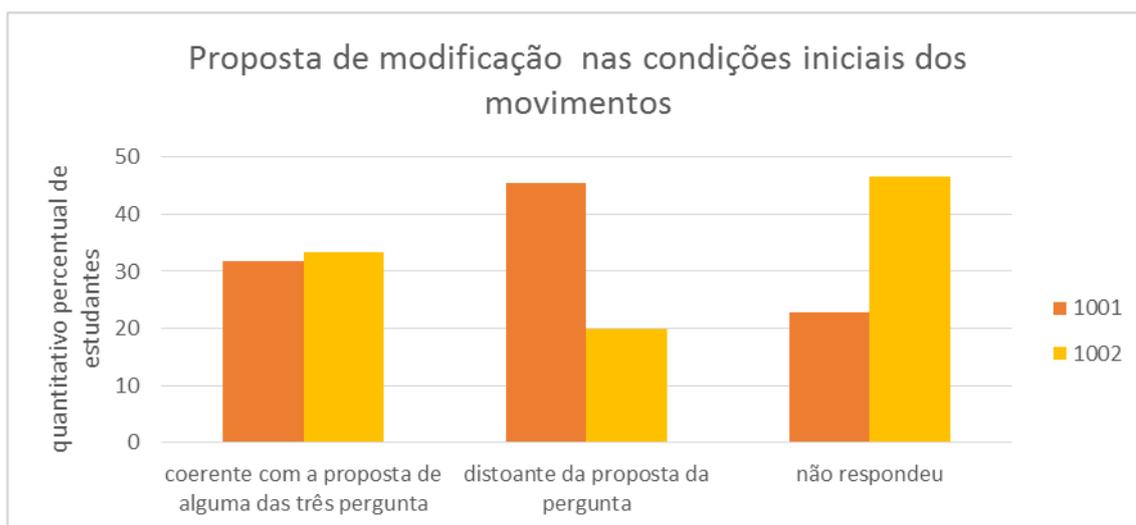


Gráfico 23: Estatística da formulação de hipóteses das turmas 1001 e 1002 solicitadas com os movimentos na primeira proposta da Ficha 3.

O não desenvolvimento com afinco das atividades iniciais, e conseqüentemente a não distinção entre as forças muscular e newtoniana é refletida na quantidade de categorias indicadas para o questionamento levantado na última pergunta da Ficha 3, figura 5, observe o gráfico abaixo:

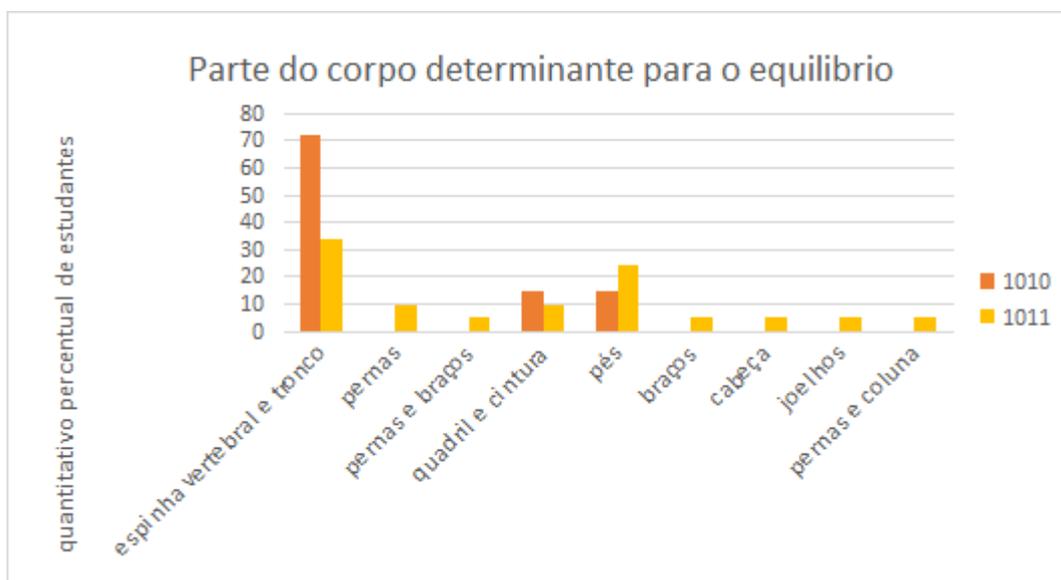


Gráfico 24: Incidência estatística das respostas obtidas na segunda questão da Ficha 3.

A participação nas primeiras atividades, e a assistência dada aos estudantes a partir dos possíveis questionamentos durante as vivências, fazem com que eles restrinjam de antemão o universo de respostas que apresentariam nesta proposta.

Um exemplo disso é a observação da incidência de uma resposta afirmando que “precisamos usar o cérebro e os músculos” para manter o equilíbrio.

Em análise mais restrita e diferentemente da análise feita com as turmas 1010 e 1011, gráfico 10, as turmas 1001 e 1002 por terem apresentados respostas muito heterogêneas não serão agrupadas a fim de se estabelecer uma análise mais uniforme para o gráfico 25, foi considerado apenas o universo dos estudantes que respondeu a questão.

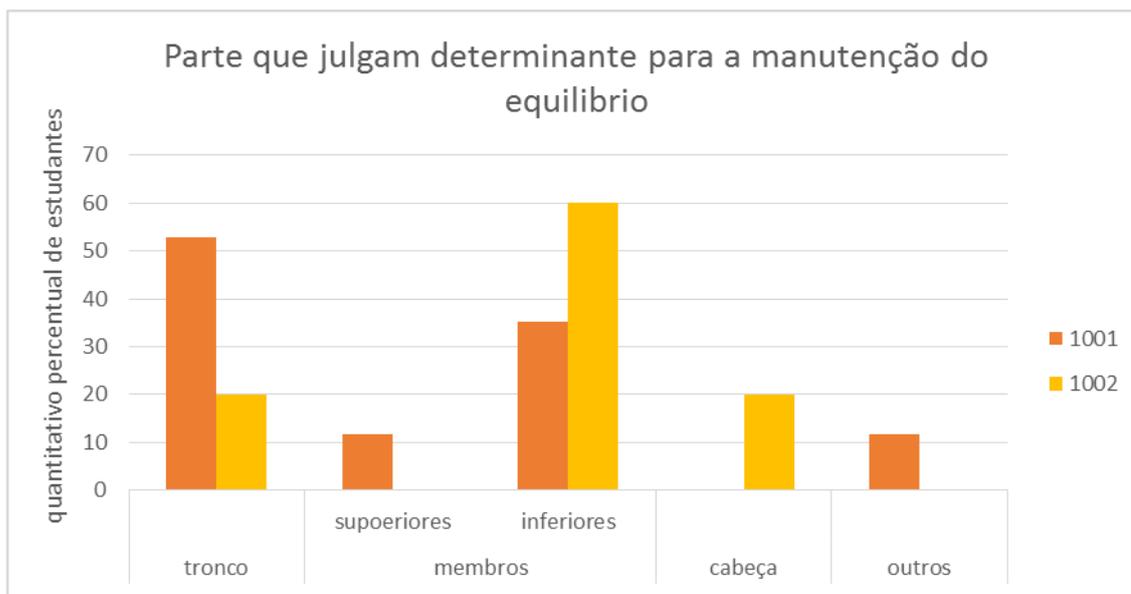


Gráfico 25: Incidência estatística das respostas obtidas na segunda questão da Ficha 3 agrupadas nas principais partes do corpo humano: cabeça, tronco, membros e outros.

Como comentário complementar ao que foi exposto acima, as respostas fora do universo: cabeça, tronco e membros, foram agrupadas como uma categoria chamada “outros”.

As mesmas inferências ainda observamos nos gráficos 26, 27 e 28: alto índice de respostas em branco; poucas respostas com coerência científica (relevando-se o preciosismo do linguajar cientificamente correto); a falta de subsunções para análise das questões devido a impontualidade ou descompromisso das turmas entre outras. Observe:

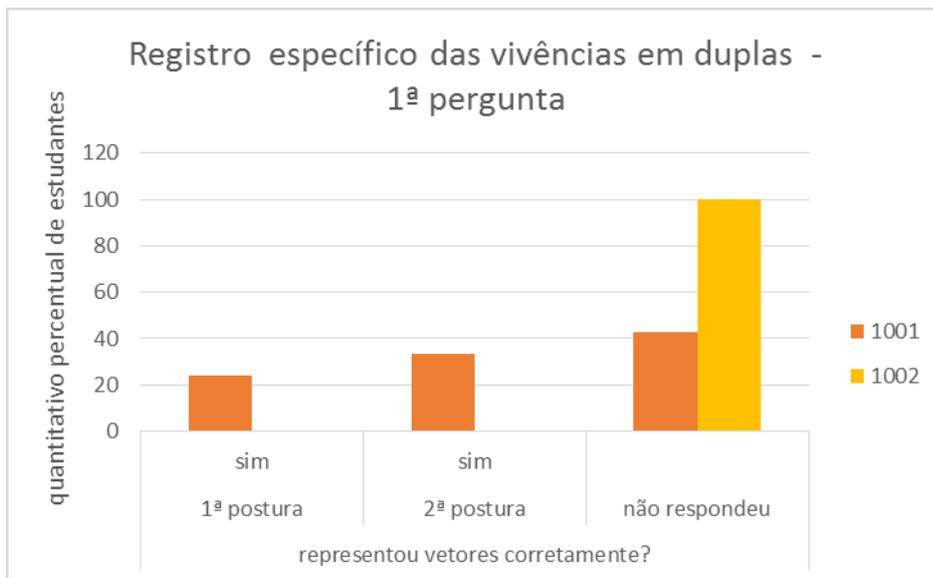


Gráfico 26: Análise estatística para a observação do entendimento do conceito de vetor, proporcionado pela primeira pergunta da Ficha 4.

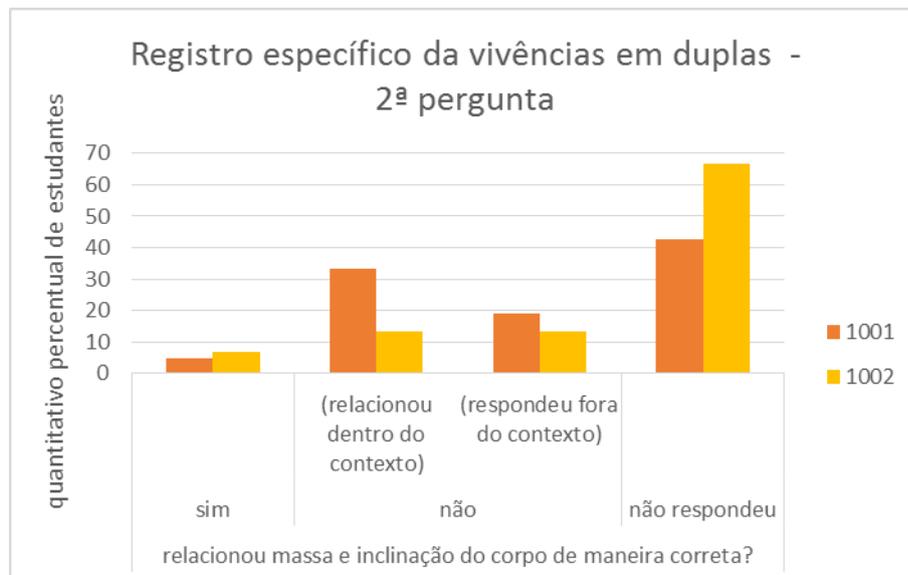


Gráfico 27: Análise estatística para a observação da construção de subsunçores para formulação da Lei das Alavancas, proporcionado pela segunda pergunta da Ficha 4

A investigação que segue, a qual abordaria a relação entre as forças dos componentes de um sistema em uma posição de portagem circense, vale expor, não foi realizada com as turmas 1001 e 1002. A opção, para a primeira turma, ocorreu devido ao comportamento agressivo dos estudantes uns com os outros podendo acarretar em algum acidente grave; com a segunda turma a opção foi feita por observar os estudantes muito apáticos e não participativos sendo, ao invés disso, apresentado o 'slackline'. Entretanto, alguns estudantes aventuraram-se a refletir sobre o questionamento, observe o gráfico 27, abaixo:

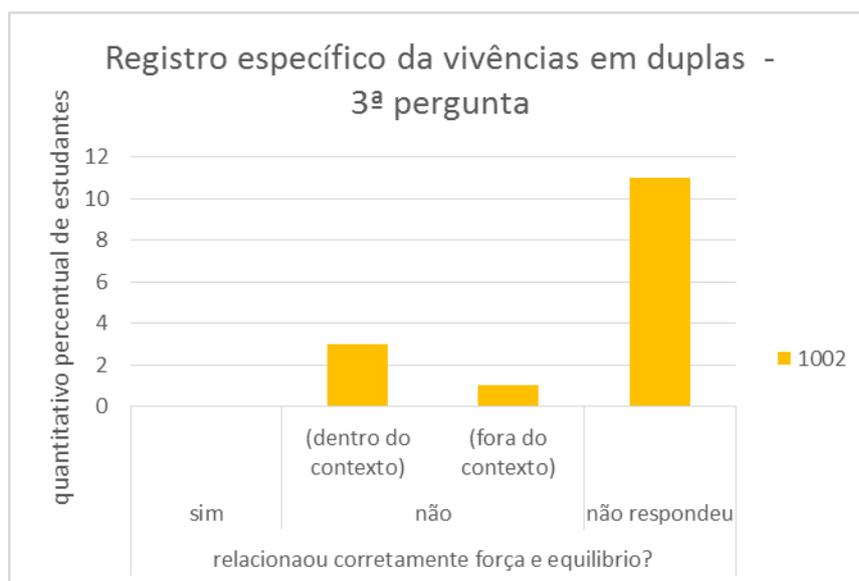


Gráfico 28: Análise estatística para a observação do entendimento da relação entre força e equilíbrio, proporcionado pela terceira pergunta da Ficha 4. Vale ressaltar que a turma 1001 não realizou esta atividade, sendo a mesma substituída pelo contato co

Os registros que seguem agora fazem parte do desenvolvimento experimental apresentado pela Ficha 5, figuras 7 e 8. Observamos, na turma 1001 que, dos cinco grupos formados, apenas três registraram os prós e contras de cada um dos métodos; dentro disso apresentaram respostas coerentes e argumentaram a confiabilidade do método em favor do método geométrico: *“mais fácil de concluir”*, *“porque apresenta cálculos confiáveis”* e *“porque é algo prático e teórico”*. A turma 1002, por sua vez, dos três grupos formados, apenas um fez o registro dos prós e contras de cada um dos métodos apresentando registros coerentes, este grupo também apontou o método geométrico como o método mais confiável argumentando que *“fazemos contas mais exatas”*.

Sobre o objetivo da aula, nenhum grupo percebeu, ou registrou, o objetivo da aula relacionando os procedimentos com a determinação do CG. Em argumentação a pergunta: *“qual o objetivo da aula? Ele foi alcançado?”*, algumas das respostas inferidas foram *“descobrir os pontos cardeais de cada figura geométrica”*, *“o objetivo foi ver a porcentagem de erro”*, *“calcular a gravidade, mais ou menos”* ou ainda *“quebrar a cabeça”*.

A falta da significação possibilitada com as atividades iniciais aliada ao descompromisso, a impontualidade e as questões sócio comportamentais das turmas refletem uma construção de conhecimento sobre o CG de forma muito mais lenta e superficial.

A observação da postura dos estudantes frente a atividade mais tradicional no que tange a metodologia pedagógica, apresentada na Ficha 6 e Desafio, figuras 9 e 10, respectivamente, mostra que a maioria deles conseguiu reproduzir o modelo apresentado, com alguns poucos estudantes apresentando erros matemáticos (nos cálculos) ou procedimentais (na substituição das grandezas).

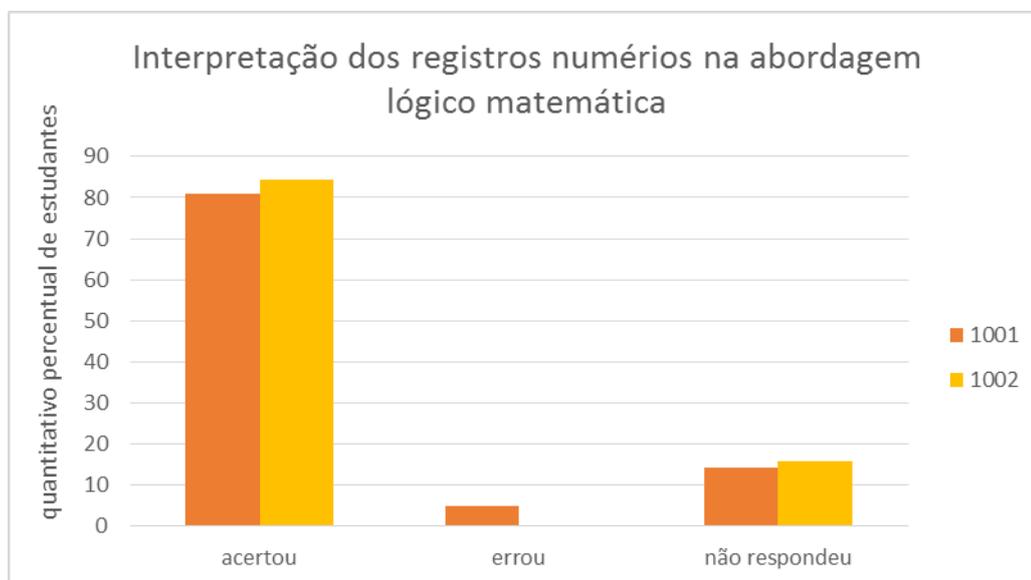


Gráfico 29: Análise estatística de uma atividade que reproduz a metodologia mais frequente no ensino de Física.

Tais registros não causam estranheza alguma, embora sejam destoantes quando analisados pelo processo sugerido com o produto educacional. O mérito do quantitativo de respostas certas dá-se ao fato dos estudantes estarem condicionados a um estudo associativo e não reflexivo o que não significa que tenha internalizado o processo ou o conhecimento.

O despertar da observação crítica neste produto depois de todo o processo, pode ser observado pelo desenvolvimento da questão Desafio, figura 10. O gráfico 30, apresenta um panorama dos estudantes que tentaram desenvolver o raciocínio proposto pela questão.

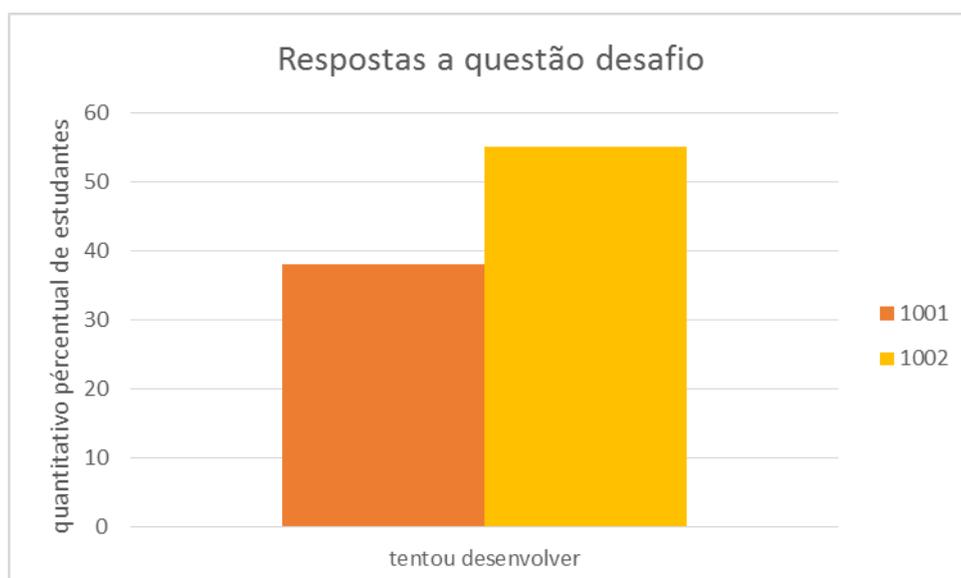


Gráfico 30: Registro estatístico da resolução da ficha Desafio

Contidas nestas colunas percentuais estão: 6 estudantes que desenvolveram o raciocínio de forma completa, destes, 3 chegaram a um resultado coerente com a esperada na proposta do desafio, os outros apresentaram um resultado numérico bastante contestável.

Diante de todo o processo, que julgamos não ter sido satisfatório, torna-se evidente, que os estudantes apresentam grande falta de competências e habilidades nos conteúdos da linguagem lógico-matemática. Vários deles não conseguiram organizar a estrutura matemática de pensamento para a resolução da questão, não sabiam medir ou fazer estimativa de medidas, não respeitam a escrita da matemática e não conseguem operar de forma correta com as operações básicas.

5.3 - As particularidades das turmas 1012 e 1013

Acreditamos que os insucessos e os desdobramentos que fugiram as expectativas também representam dados importantes de serem observados, as turmas 1012 e 1013 fazem parte deste universo. Estas turmas estão alocadas em turnos distintos, e cada uma delas apresenta um perfil de grupo muito característico e particular, como foi descrito no Capítulo 1.2.

As razões que nos fizeram dar menor valor as análises da turma 1012 em detrimento das outras, abordam as seguintes questões:

- A medida que o produto foi sendo aplicado foi também sendo reformulado e as atividades desenvolvidas que foram aplicadas na turma não estavam dentro do que finalmente foi organizado como o produto descrito no capítulo

4. Em uma das fichas apresentávamos uma questão que envolvia o equilíbrio dinâmico dos corpos, indo na contramão de toda a proposta que até então fora aplicada. Outras atividades exigiam um olhar crítico e um olhar multidisciplinar do mundo, algo difícil de observar em estudantes que foram estimulados a pensar de maneira reprodutivista e utilitarista, e não, contemplativa.

- Houve a intensão em trabalhar durante a atividade experimental associando o papel milimetrado auxiliando o método geométrico, mas os estudantes não apresentaram a mínima destreza ou habilidades para a manipulação do material, isto, de certa forma, nos ajudou a reorganizar e reelaborar algumas fichas e algumas atividades

Um ponto importante de ser abordado é que em tais atividades esperou-se um conhecimento mais profundo e crítico destes estudantes com as atividades sugeridas e relatadas acima. Com o desempenho observado surgiu a necessidade de adaptar as atividades, não para que as atividades se tornassem mais fáceis, mas sim, para que as novas atividades possibilitassem a construção do conhecimento de forma mais adequada e relacionada a outros mecanismos. Mesmo com essas considerações e apesar destas significativas diferenças no processo de aplicação, todas as etapas foram desenvolvidas.

Com a turma 1013 o produto não foi aplicado em sua integridade. A participação dos estudantes na atividade de sensibilização foi muito conturbada e estressante. A postura de alguns estudantes pôde ser classificada como exibicionista na realização das posturas, estando mais preocupados em chamar a atenção dos outros estudantes do que em concentrarem-se para a realização do movimento, uma vez que a atividade foi realizada fora da sala de aula, em um *hall* interno do colégio. Ao final da segunda atividade de sensibilização, figura 2, uma das estudantes torceu o pé.

Foi observado, no encontro seguinte, que a maioria dos estudantes que estavam presentes na aula não participaram da aula anterior. Dessa forma, como já abordado, a construção do conhecimento fica comprometida. A escolha por deixar trabalhar com a metodologia desenvolvida pelo produto foi feita por entender que o grupo de estudantes não respondeu ao início do processo de forma satisfatória, ou mesmo, por entender que esta determinada turma não possui o perfil para construir o conhecimento com a metodologia apresentada.

Por estas razões, acreditamos que fazer uma análise pormenorizada destas turmas não ofereceria o mesmo diálogo e resultado do que apresentarmos estes desvios como características de insucesso, limitação na aplicação do produto e adequação de aplicação.

5.4 - Análise dos resultados da turma de Graduação

Esta turma foi composta por oito estudantes. Não há como fazer um registro detalhado do histórico ou verificar de que forma o conteúdo foi abordado no Ensino Médio nesta ocasião. Certamente são estudantes mais maduros dos que os da 1ª série do Ensino Médio, uma vez que já passaram por esta etapa e vivenciam uma nova relação educacional com os professores universitários.

No início da atividade a única sondagem feita foi a respeito de onde concluíram o Ensino Médio ou onde cursaram o Ensino Médio. Dos oito estudantes que participaram da aplicação do produto apenas três cursaram o Ensino Médio em instituição pública, são elas CIEP 397 – Paulo Pontes, C. E. Olavo Bilac e IFRJ. Entre as instituições particulares encontramos colégios tradicionais como Centro Educacional da Lagoa, Colégio Santa Mônica, Curso PH entre outros.

Devido a dinâmica do curso de Licenciatura em Biologia, o produto foi aplicado em um único dia de aula, pois a carga horária da disciplina de Física neste curso é de 4h semanais alocadas em um único dia, sexta feira, de 13h as 17h.

As atividades corporais para a sensibilização e o contato com a linguagem cinestésica ocorreram dentro de uma dinâmica bastante interessante e obedeceram às mesmas consignas apresentadas no tópico anterior (para a primeira postura não desencostar os calcanhares e o quadril da parede, para a segunda não desencostar a lateral do pé e para a terceira não inclinar o corpo ou impulsionar-se pra frente). Durante esta investigação os estudantes questionavam-se sobre a possibilidade ou a impossibilidade de realização das posturas, desenvolvendo contraexemplos e raciocínio crítico. Pode-se perceber um estudo colaborativo, troca de pares para experimentar a fim de melhor argumentar as respostas e um grande envolvimento e prazer em realizar as ações.

Desta vez a discussão dos resultados será feita fazendo referências as imagens das fichas apresentadas no capítulo 4. Os gráficos que seguem abaixo apresentam a análise estatística das respostas para as atividades de sensibilização, primeiro individual (figura 3), em seguida aos pares (Figura 4).

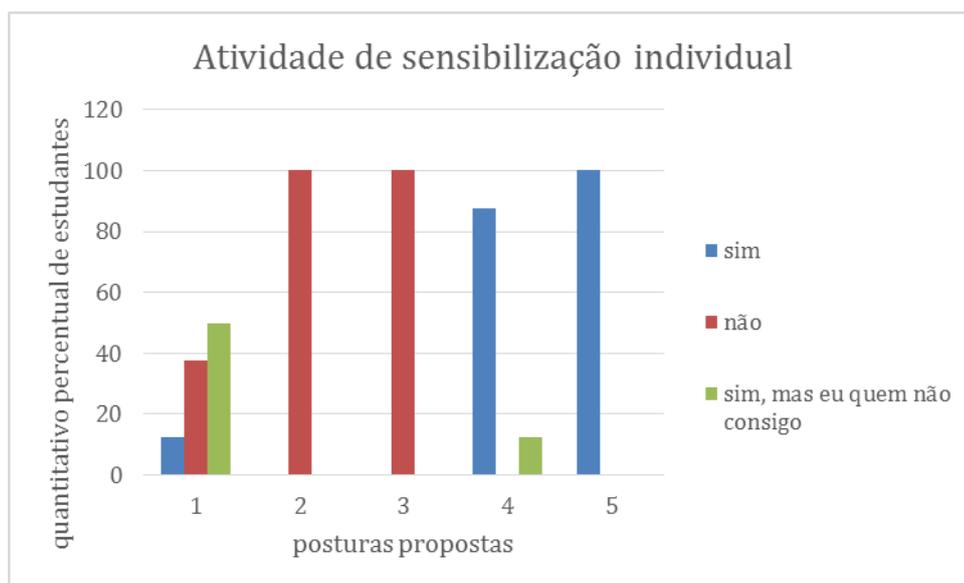


Gráfico 31: Análise estatística das respostas observadas para a Ficha 1

Acima é facilmente notado que, bastou o estudo da primeira postura, para que os estudantes percebessem que existe uma condição de equilíbrio que foge a particularidade corporal desta ou daquela pessoa. Isso é notado pois só houve divergência nas respostas da turma para a primeira postura. Em todas as outras observa-se o registro praticamente unânime, destoando apenas na quarta postura, que, esta sim, é possível de ser realizada mas necessita de certa disponibilidade e consciência corporal para ser executada.

Na argumentação apresentada por estes estudantes foram vistas palavras e expressões mais elaboradas do que os estudantes do Ensino Médio. Os estudantes foram convidados a tomar nota de tudo que notassem ou daquilo que achassem relevante nas suas percepções, sem a preocupação com a forma ou com a responsabilidade de fazer anotações corretas ou coerentes. Nestes primeiros registros apontamos em destaque algumas expressões, como:

- Para a primeira postura, quando arguidos sobre a possibilidade de realizar o movimento, foi notado por um estudante a “*alteração do eixo de equilíbrio do corpo*”, já outro, justificou a impossibilidade de executar a postura da seguinte maneira: “*Pois ao abaixar o corpo, o equilíbrio se perde e todo o peso é jogado pra frente e caímos no chão*”.
- Na segunda postura, a percepção de que o corpo, a medida que modifica sua base, precisa se reorganizar para manter o equilíbrio é observada com a

seguinte argumentação: “A parede impossibilita manter o corpo equilibrado em apenas um pé, pois esta impede que o corpo seja ‘jogado’ pro outro lado” ou ainda “ Q a parede impede que o corpo incline pro lado gerando equilíbrio do peso dos dois lados do corpo”.

- A terceira postura, que requer uma percepção dinâmica sutilmente diferenciada, dois estudantes argumentaram quando arguidos sobre a possibilidade de realizar o movimento descrevendo que “o peso do corpo se encontra fora do eixo de sustentação se tornando impossível” e outro “porque o apoio (pernas) está mais pra frente do que o tronco. Assim é necessária a inclinação.

A quarta e quinta posturas, nas palavras de um estudante, “por mais que haja um desequilíbrio, é possível realizar”. Outro comentário, que mostra certos subsunçores para a significação do conceito de CG já estabelecidos, é visto aqui: “Existem dois um ponto de equilíbrio de cada lado do corpo por isso é possível realizá-lo”. Neste comentário já é percebido pelo estudante que o corpo precisa estar entre os pontos de apoio para permanecer em equilíbrio. Os pontos de apoio ao qual este estudante se refere são um pé e uma mão, e tais pontos são significados pelo estudante como base, mesmo que de forma não consciente. A última postura foi justificada tendo a penúltima como parâmetro, vários estudantes perceberam que, esta última postura, é mais fácil de ser realizada pois o “auxílio do joelho aumenta o equilíbrio”.

Na sensibilização cinestésica feita em duplas, figura 4, todos os estudantes perceberam a possibilidade de execução de todos os movimentos, e a partir disso, vários signos foram acomodados.

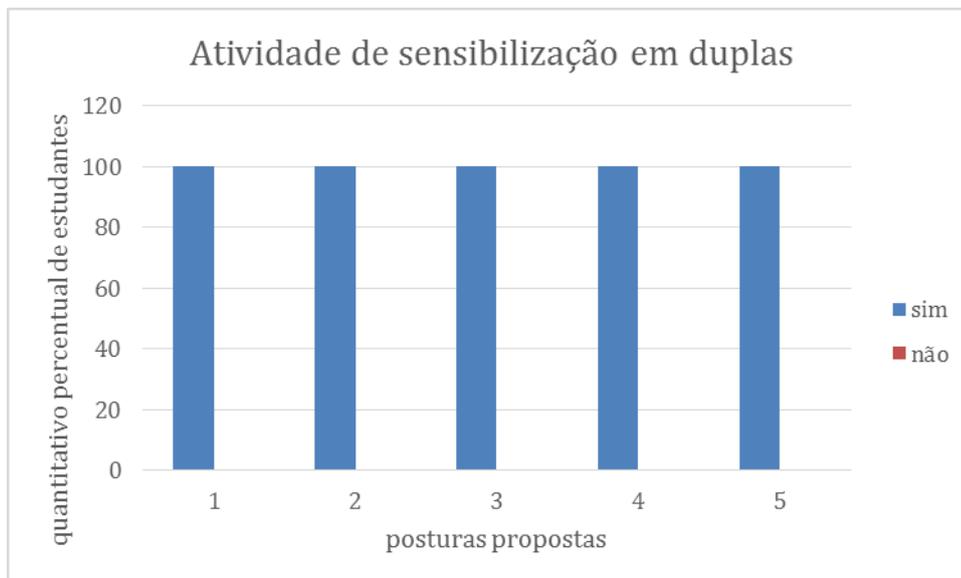


Gráfico 32: Análise estatística das respostas observadas para a Ficha 2

Nota-se, de acordo com os registros feitos, ideias sobre somatório de Forças, princípios de Alavancas, diferenciação entre força muscular e força newtoniana e também se nota o entendimento da relação destes dois corpos como um sistema, observe:

- “a força de um se anula com a força do outro sendo necessários a força vertical”, “é possível pois há um ‘contrapeso’, um equilibra o outro” e “foi possível equilibrar-se no sistema” – estudantes referindo-se ao movimento de subida ou descida quando estão sentados de frente um para o outro e de mãos dadas.
- “não é uma questão de força muscular e sim de equilíbrio”, “o ângulo de inclinação diminui a força” e “ a base precisou ter força nos membros inferiores e jogar o corpo pra trás para compensar o peso” referindo-se a relação da dupla na primeira portagem.

As atividades seguintes, apresentadas anteriormente na figura 5, solicita que o estudante faça algumas considerações a respeito das movimentações sugerindo mecanismos para que os movimentos possam ser executados. Aqui, deferentemente dos estudantes do Ensino Médio, notou-se pouca criatividade. Para a primeira postura, apenas um dos estudantes sugeriu uma mudança inserindo um elemento externo: “Para realizar este movimento necessita-se de um apoio para abaixar-se”; os demais sugeriram modificações para as movimentações partindo da modificação das consignas: “tirar o quadril da parede” ou “o calcanhar precisa ir para frente”. Para a postura seguinte, ainda na mesma questão da referida ficha, todos

sugeriram como modificação “*descolar a lateral do pé da parede*”. A última postura apresentou uma maior variedade de sugestões quando comparamos com as respostas anteriores, mas, ainda assim, estavam relacionadas a modificação da consigna inicial: “*só é possível se alguém segurar o calcanhar ou colocando os pés para trás*”; “*abrir as pernas e permitir o impulso do tronco*”; “*os pés deveriam localizar-se em outro ponto, ou dar um impulso com o tronco ou colocar algum apoio ao lado*”.

Esses exercícios de pensamento, na tentativa de contornar a problemática encontrada ao apresentar a consigna, possibilitam o estudante expandir o universo de análise e testar o sistema em estudo. Com isso algumas hipóteses sobre “qual a parte do corpo que você pensa ser determinante para manter o equilíbrio?” são rapidamente descartadas, restringindo o universo de respostas a algo mais próximo da realidade vivenciada.

Em resposta ao questionamento levantado no parágrafo anterior: “qual a parte do corpo que voce julga ser determinante para o equilíbrio?” ou seja, a segunda pergunta da ficha apresentada na figura 5, observemos o gráfico abaixo:

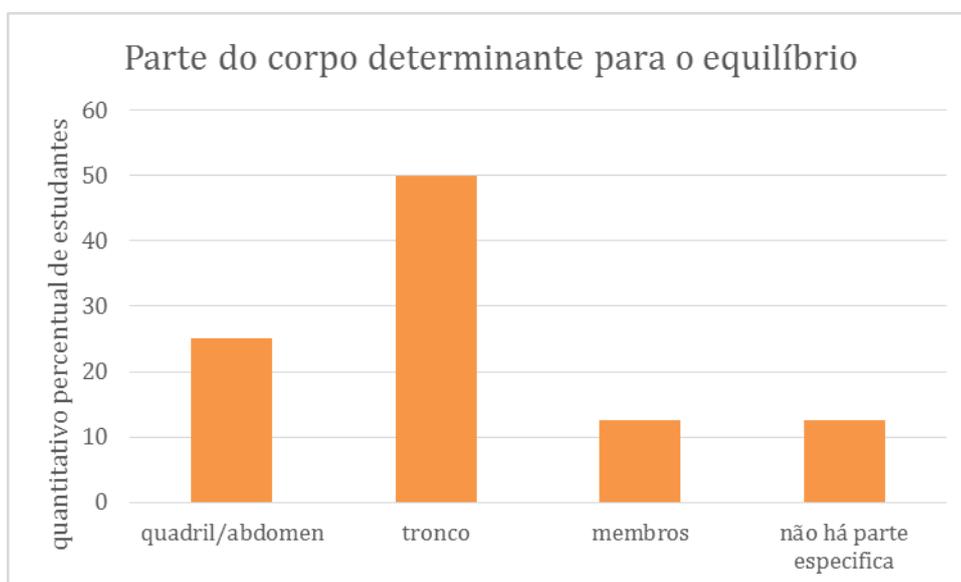


Gráfico 33: Análise estatística das incidências de respostas para a segunda questão da Ficha 3.

Houve um preciosismo mais presente na identificação da parte determinante para o equilíbrio corporal, em termos numéricos: 25% deles identificou a parte baixa do tronco. A única resposta destoante referiu-se aos membros como determinantes para o equilíbrio corporal, observando por isso, certa dificuldade na diferenciação entre as forças físicas muscular e newtoniana.

Um registro que merece ser destacado e comentado é: “*Na minha opinião, acho que não haja uma parte específica, mas sim o trabalho conjunto dos membros, onde estes estejam de forma equilibrada, para que seja possível os movimentos*”. A observação pouco mais cuidadosa deste registro, apresenta, como elemento de fundo, o entendimento de que o corpo humano pode ser visto como um sistema dinâmico para a determinação do CG, infere-se também, o entendimento que o posicionamento dos membros interfere na condição de equilíbrio do corpo.

A análise da ficha que é aplicada na sequência, apresentada na figura 6 no tópico anterior, aborda: a representação dos vetores, a percepção da relação entre a massa e a inclinação dos corpos e a relação entre a força e o equilíbrio dos corpos.

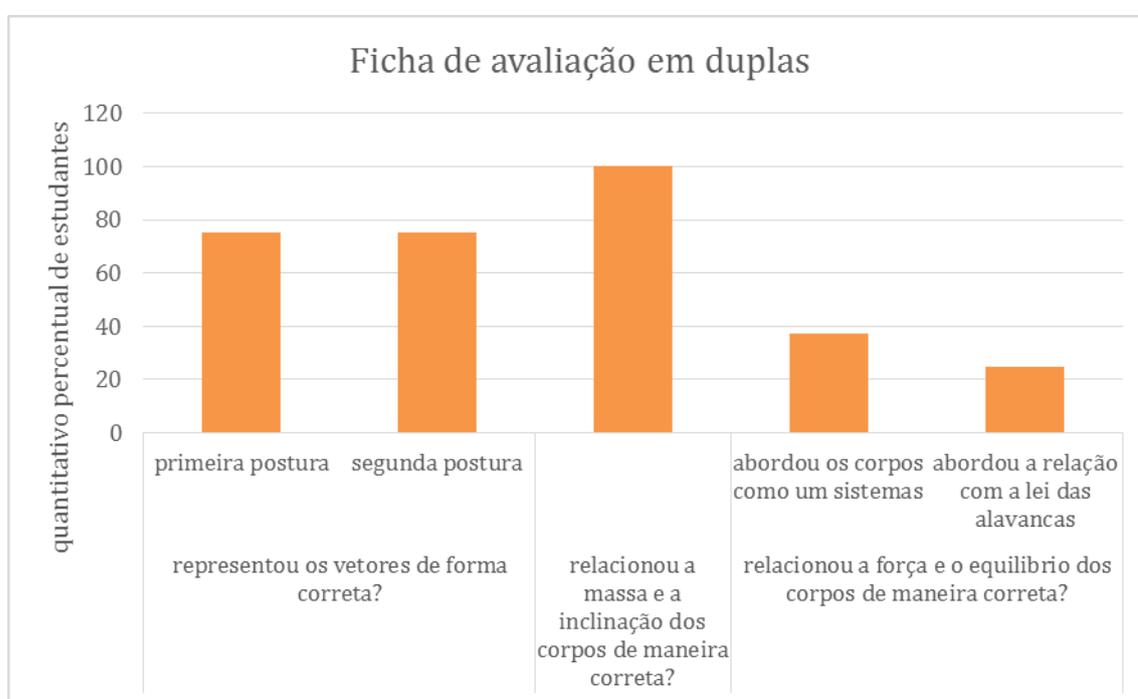


Gráfico 34: Análise estatística para as respostas da Ficha 4.

As representações vetoriais foram analisadas a olhos mais exigentes, percebendo a direção, o sentido e a localização onde os registros foram feitos. Apenas dois estudantes não cumpriram esses critérios. Embora suas representações pudessem ser entendidas como coerentes e representantes da realidade da movimentação, os registros encontravam-se dispostos de maneira confusa: em um a representação foi realizada fora da figura Representativa do corpo humano, e em outra, a representação não foi observada como um vetor resultante, mas como dito antes, diante de uma avaliação menos criteriosa, poderiam ser entendidos como representações corretas.

Ainda observando a figura 6, mas recortando o olhar para a última questão, apresentada pela última coluna do gráfico 34, e os registros para elaboração da relação entre força e equilíbrio algumas respostas merecem destaque:

- Três delas por apresentarem a ideia que as forças internas não alteram o estado do sistema: *“Essas posições não tem a ver com força física, sim com a forma com cada um se dispõe no movimento pois é preciso que um se agache e jogue o peso do corpo pra trás para que o outro se acomode”, “Acho que nos dois as forças se anulam, pois os dois corpos formam um só sistema, dessa forma entram em equilíbrio” e “as forças realizadas são anuladas pelos alunos (integrantes do sistema)”*.
- Outras duas por apresentarem alguma elaboração ou relação com o Princípio das Alavancas: *“A segunda é mais fácil de sustentar pela questão da alavanca” e “ A primeira situação faz mais força pois além de estarem na mesma direção a posição do porto segura o volante faz com que o corpo tenha ‘mais’ massa ao inclinar-se pra frente”*

Dando prosseguimento a análise das atividades, mas agora com a atividade experimental, (figura 8), apresentamos abaixo duas tabelas. A primeira tabela, (tabela 13), apresenta a argumentação dos estudantes que escolheram o método da pendura como o método mais eficiente e a segunda tabela, (tabela 14), mostra as argumentações dos estudantes que escolheram o método geométrico como mais eficiente, observe:

estudante	método geométrico		método da pendura	
	pró	contra	pró	contra
A	<i>“praticidade menos tempo”</i>	<i>“precisão”</i>	<i>“mais preciso”</i>	<i>“erros na hora da medição”</i>
B	<i>“mais preciso pois usa uma medida”</i>	<i>“erros na hora da medição devido ao operador”</i>	<i>“praticidade”</i>	<i>“pouca imprecisão pois precisa estar bem parado”</i>
C	<i>“não há uma modificação do ambiente externo durante a marcação”</i>	<i>“o instrumento de medição não possui a numeração exata do calculo, tendo que haver uma aproximação”</i>	<i>“a vantagem é marcar o meio enquanto o corpo esta inclinado”</i>	<i>“fatores externos durante a marcação”</i>
D	<i>“não há fatores externos para influenciar na marcação”</i>	<i>“o instrumento utilizado para medir (régua), não possui números ‘quebrados’”</i>	<i>“o equilíbrio dado pelo conjunto”</i>	<i>“fatores externos que afetam na precisão do equilíbrio”</i>

Tabela 13: Argumentações para as vantagens e desvantagens do método da pendura.

E	<i>“maior precisão que o método da pendura”</i>	<i>“a medida da régua so vai até milímetros”</i>	<i>“observar o equilíbrio fisicamente”</i>	<i>“o movimento do objeto modifica a medição”</i>
F	<i>“Maior precisão com a medida da régua”</i>	<i>“pode haver erro grosseiro na medida medição errada”</i>	<i>“O eixo não é definido por que está coletando os dados”</i>	<i>“agentes externos atrapalham”</i>
G	<i>“Praticidade”</i>	<i>“uso da régua pode ocasionar erros de medida”</i>	<i>“usa das forças físicas para sua marcação”</i>	<i>“dificuldade de marcação”</i>
H	<i>“maior precisão da régua do que a corda que balança”</i>	<i>“pode haver erro grosseiro na medição”</i>	<i>“O eixo não é definido por que está coletando os dados e sim pela gravidade”</i>	<i>“agentes externos atrapalham (vento, balanço)”</i>

Tabela 14: Argumentações para as vantagens e desvantagens do método geométrico

Os argumentos apresentados para justificar a escolha deste ou daquele método relatam dois tipos de abordagem: “*Pois dá pra colocar em números e o objeto fica imóvel*” e “*Porque possui uma maior precisão*” para o geométrico e; para o método da pendura: “*Pois a figura ficou com o centro mais preciso, obteve-se mais equilíbrio*” e “*Porque ele repetiu a eficiência nos dois resultados*”.

Na comparação entre os grupos na escolha dos métodos, os estudantes que argumentaram em defesa do método geométrico apresentaram justificativas mais coerentes cientificamente do que os que argumentaram em escolha do método da pendura. Para esta última, quando é relatado que “*o método repetiu a eficiência*” mostra que o estudante não sabe que a eficiência depende, em grande parte, da sua interferência e execução da experimentação, dando a impressão de que o método é auto regulável ou auto corrigível ou ainda autônomo.

Sobre o objetivo da aula pudemos observar a incidência de três categorias distintas, refletindo o que cada estudante entendia como aula naquele instante: a primeira foi caracterizada pela abordagem do CG na resposta, tratando como ‘aula’ o universo específico da ficha em questão, a segunda categoria reuniu as respostas dos estudantes sobre a relação entre o conhecimento teórico e o cotidiano, a terceira categoria apresentou um olhar mais limitador ao que interpretamos como procedimento apenas.

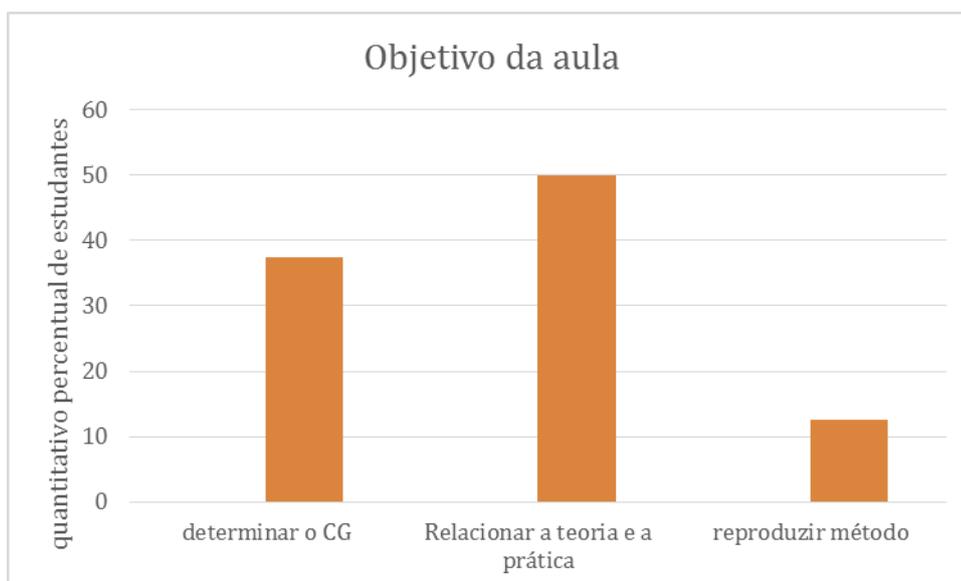


Gráfico 35: Percepção do objetivo da aula.

Neste universo particular de turma de graduação as atividades não são analisadas pertencendo a dois grupos distintos e antagônicos, como aos clássicos

certo e errado, atingiu ou não atingiu (alguma meta), não negamos, com isso, a importância desta análise meramente estatística em determinado momento do estudo, mas, nesta ocasião, para o questionamento apresentado ao final da Ficha 5 (Figura 8) torna-se pertinente saber ‘qual tipo de significação foi feita pelo estudante durante as trocas de conhecimento no período de aula?’.

É com esta referência que destacamos as respostas: “*Ver na prática, no corpo ‘biológico’ e no ‘físico’, os assuntos que em teoria não mostraria com clareza e eficiência dos métodos*”, “*O objetivo foi aplicar a física em experimentos no cotidiano, para trabalharmos diversas percepções*” e “*Mostrar a física no dia-a-dia e nos fazer entender o que é centro de gravidade*”.

Em cada uma destas, e das outras respostas, percebemos um ganho distinto na construção de saberes. A distinção entre perceber o corpo humano como um corpo/objeto newtoniano e um corpo biológico faz o estudante significar qual o domínio de análise destas distintas ciências, e neste momento de suas trajetórias acadêmicas, tal conhecimento é muito significativo. Da mesma forma, damos destaque as relações entre teoria e prática, bem como, sua significação no cotidiano, entender o conhecimento como algo aplicado e útil, desmitificando uma frase clássica entre os estudantes: “Para que eu vou usar isso na vida?” quando referem-se a determinado conhecimento que julgam inútil.

As sistematizações matemáticas, abordadas na Ficha 6 (Figura 9), foram observadas no desenvolvimento de todos os estudantes diferindo em dois aspectos: a observância de unidade de medida significando o resultado numérico e a sua respectiva inobservância.

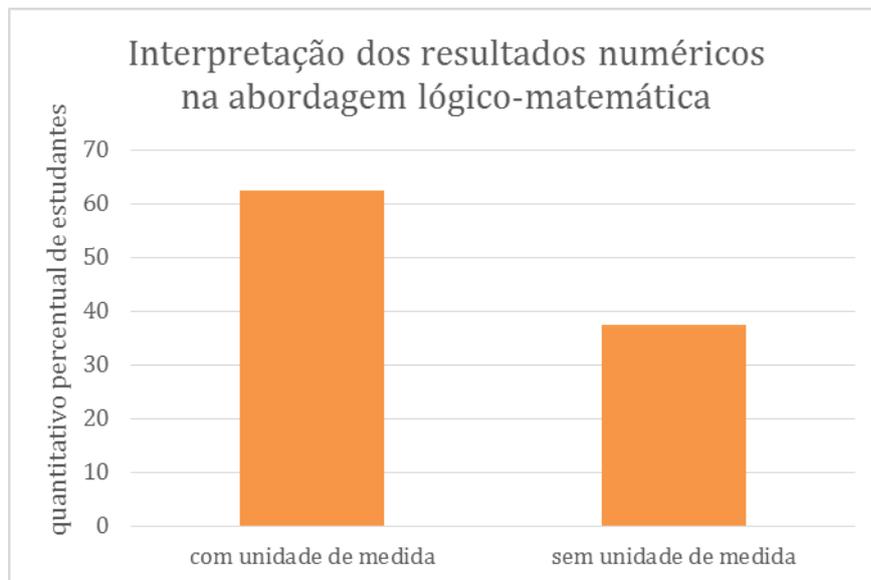


Gráfico 36: Análise dos resultados em resposta a questões que envolvem uma metodologia mais reprodutivista e mais frequente em sala de aula.

Dentre as respostas aceitáveis, um dos estudantes apresentou arredondamento da resposta de forma correta, respeitando as regras para os algarismos significativos corretos e duvidosos, ou apenas seguindo o desenvolvimento apresentado como modelo mais criteriosamente do que os outros.

A atividade Desafio proposta com a última ficha (figura 10), foi bem desenvolvida por eles e merece alguns comentários: dois estudantes perceberam que a possibilidade de determinação do CG está vinculada a consideração do corpo humano como um corpo rígido e um deles afirma " *É possível apenas para um corpo estático quando está em movimento o centro de gravidade é dinâmico*"; outro estudante não justificou a resposta mas afirmou ser possível a determinação matemática do CG do corpo humano; os cinco estudantes restantes três descreveram de maneira muito superficial enquanto os outros três descreveram de maneira aceitável, relevando-se o preciosismo do linguajar científico e observando a lógica da ideia descrita.

A respeito da reprodutibilidade matemática do método apresentado no exemplo da questão anterior, apenas um estudante não expos os cálculos de forma que fosse possível a compreensão de uma resposta, podendo ter adotado um referencial diferente do sugerido, uma vez que a ponderação das posições das partes do corpo pelas respectivas massas é observada.

Uma última observação a respeito da análise desta ficha é sobre a unidade de medida. Entendemos que apesar dos estudantes apresentarem a escrita das

unidades de medida em suas respostas numérica nesta ou em outra questão, não há significação crítica sobre qual unidade utilizar. Esta última ficha não apresentava unidade padronizada para a malha quadriculada na qual fora disposta a representação do corpo humano, e apesar disto, todos os estudantes apresentaram a unidade 'centímetro' em suas respostas. Percebe-se neste registro a inocência do olhar para uma questão e não reconhecê-la como realidade.

5.5 - Análise geral dos resultados observados

A análise geral não poderia deixar de observar as características comuns dos dados estatísticos apresentados no capítulo 5, as conclusões as quais tais dados nos direcionam a respeito do ensino-aprendizagem do Centro de Gravidade, bem como, os desdobramentos e as perspectivas futuras do nosso trabalho.

Tanto para turmas de Ensino Médio quanto da licenciatura em Biologia, durante a etapa corporal-cinestésica na primeira parte do processo, observando as atividades que envolvem a investigação corporal individual, percebemos através dos gráficos desta etapa mudança nas respostas ao longo desta etapa, embora em gradiente diferente para cada turma analisada. Percebemos que a concepção espontânea em torno da realização do movimento proposto pelas primeiras posturas, faz com que os estudantes justifiquem, inicialmente, a impossibilidade de realizar tal consigna, atribuindo falta de condicionamento físico aos seus corpos. Sem perceber-se como um corpo no qual as leis da física também atuam, e por conseguinte, as condições de equilíbrio estático também devem valer. Diante das próximas posturas solicitadas a concepção espontânea dos estudantes é provocada e com isso são estimulados a buscar outra argumentação. A reflexão do estudante em torno da pesquisa corporal ganha consistência com as duas últimas posturas individuais, as quais o condicionamento físico tem um papel importante para manter a postura estática.

Ainda dentro da abordagem corporal-cinestésica, sobre a pesquisa em duplas que possibilita os estudantes pensarem seus corpos constituindo um sistema; foi observada grande incidência da resposta correta (sim), mostrando a possibilidade de realizar os movimentos dos corpos agindo como um sistema em equilíbrio, isso revela um entendimento, ainda que corporal-cinestésico, a respeito do Centro de Gravidade do conjunto.

Com isso observamos que diante da pesquisa corporal com os movimentos propostos, os estudantes modificaram suas concepções espontâneas a respeito do equilíbrio corporal a partir de cada estímulo. E mesmo sem o conhecimento científico formal a percepção despertada direciona o raciocínio para a construção do conceito cientificamente correto.

A análise dos dados quando solicitamos para sugerir mudanças nas consignas de tal modo que o movimento possa ser realizado, incentivaram os estudantes a pensarem mais criticamente (gráficos 6, 7, 8). Proporcionaram a

elaboração de hipóteses mais formal em torno da pesquisa corporal sobre as posturas impossíveis de realizar e da própria dinâmica do movimento que levam a tais posturas, visto que poucos registros fugiram a nossa sugestão, alguns se destacaram positivamente apresentando uma elaboração criativa. Importante frisar que o fato dos estudantes responderem de forma não esperada aos questionamentos, isto é, de forma errada, não significa que não estejam construindo cognitivamente o conceito, ou que não sejam capazes de determinar a localização do CG, seja de forma experimental ou matemática.

Outra observação que corrobora com o exposto acima refere-se a segunda questão desta mesma ficha, que no caso, solicita ao estudante a percepção da parte do corpo determinante para o equilíbrio (gráficos 10, 25, 33), todas os gráficos observados na análise da questão apresentam o mesmo perfil, citando o tronco como parte mais importante na manutenção do equilíbrio. A turma de ensino superior destaca ainda, dentro do tronco, o quadril como uma localização mais específica.

Diversos conceitos, transversais ao conteúdo principal explorado com o produto educacional, também foram observados, que permite elaborações das concepções sobre as posturas em duplas associadas como um sistema.

O entendimento do conceito sobre vetor, os gráficos 11, 12, 13, 26, 27, 28, e 34, das diferentes turmas de Ensino Médio, apresentam análise de resultados muito parecidas para a representação correta de tal entidade matemática quando aplicada aos movimentações das duplas. Entretanto, a diferença dos valores apresentados entre as turmas pode ter relação direta com a assistência dada a turma com menor quantidade de estudantes. A turma 1010 pôde ser mais qualitativamente assistida por ser uma turma menor do que a 1011, dessa forma os estímulos eram mais direcionados e por tanto mais eficientes. Com raras exceções, os estudantes que acertaram a representação vetorial da primeira postura acertaram também da segunda. O grupo de universitários teve maior preciosismo para esta questão.

Para a segunda proposta da Ficha 4, a qual se apoia nas concepções sobre Alavancas, observamos que, mesmo considerando o distinto universos das turmas, todas apresentaram um raciocínio coerente para a relação entre a massa e a inclinação dos corpos, (gráficos 12, 27 e 34), construindo assim subsunçores para o estudo do momento linear,.

Na terceira questão desta mesma ficha, que requer elaborações sobre as condições da resultante das forças na posição de equilíbrio, os gráficos 13, 28, e 34,

refletem a complexidade da proposta, uma vez que nenhum estudante elaborou o raciocínio esperado: observar que na posição de equilíbrio a força realizada pelos participantes, um no outro, é mínima. Não obstante, outras elaborações corretas foram observadas, mantendo a validade da questão proposta como estímulo para a construção do raciocínio.

Para a Ficha 5, ficha experimental, cuja proposta é a determinação da localidade do CG em polígonos homogêneos simples, torna-se importante fazer um parêntese para abordar a diferença entre os valores da acurácia do triângulo e do quadrilátero descritos na tabela 12. Ocorre que para se garantir que o método geométrico seja o método mais confiável, temos de ter certeza que todos possíveis os erros grosseiros foram minimizados. Neste caso, seria necessário que estivéssemos acompanhado a obtenção das posições do CG das figuras pelo método geométrico garantindo o mínimo erro, uma vez que os estudantes não têm familiaridade com a estimativa de medidas e tampouco com o uso adequado da régua. Dessa forma, como para a obtenção do CG do quadrilátero pelo método geométrico necessita de quatro medidas, (pontos médios dos lados), os erros sutis foram se sobrepondo a medida que o processo ia se desenvolvendo gerando um valor considerável e bem distinto, considerando sua média, dos valores dos triângulos. Nota-se também, para os estudantes do curso de Licenciatura em Biologia, que, por mais que sejam estudantes pouco mais experientes do que os da 1ª série do Ensino Médio, ainda não possuem vivências suficientes para estabelecer uma escolha consciente a respeito do método mais confiável. Isso reflete a carência do desenvolvimento de atividades experimentais nas escolas.

Uma grande diferença para a percepção do objetivo da aula, pergunta lançada na Ficha 5 após os procedimentos para a localização do CG, deve ser ponderada, mesmo com a maioria entendendo claramente o objetivo da aula. A aplicação do produto, para o ensino médio, foi particionada em três aulas, estando, no segundo encontro, somente a atividade experimental com os estudantes, enquanto que para o ensino superior, toda a sequência didática foi aplicada em um único dia, favorecendo a percepção contextualizada do processo.

A análise dos gráficos 16, 29 e 36, que referem-se a Ficha 6 e o processo de contextualização analítica para determinação do CG, mostra que houve sucesso na reprodução do modelo matemático com a atividade final, pois há uma grande incidência de acertos. Por sua vez, a ficha Desafio, que requer a compreensão do processo e a transposição do conhecimento corpóreo e experimental para a

linguagem matemática, a boa parte dos estudantes do ensino médio desenvolveram parcialmente as etapas corretas do processo de construção lógico matemática, podendo, inclusive, observar criticamente o resultado. Outros sequer tentaram, talvez por desinteresse ou pressupondo a dificuldade matemática envolvida. Já os estudantes de ensino superior, quase todos, acertaram a questão, mostrando mais maturidade no enfrentamento da dificuldade.

Considerações Finais

Este produto educacional surgiu com a finalidade de proporcionar para o professor e para o estudante do nono ano do ensino fundamental e primeira série do ensino médio, uma forma diferente e lúdica de ensino-aprendizagem dos conceitos de equilíbrio estático e Centro de Gravidade (CG) sem precisar recorrer à formalização do raciocínio lógico-matemático como suporte inicial. Vale expor, que, a nossa proposta vem preencher uma lacuna do ensino-aprendizagem do conceito de CG, que é abordado superficialmente ou indiretamente no ensino médio, através de conteúdos relacionados, como, Alavancas e Momento Linear. O estudo aprofundado do CG e suas implicações para condição de equilíbrio, somente são apresentadas para os estudantes das ciências exatas e da Educação Física no Ensino Superior.

Baseados nas teorias cognitivas das Inteligências Múltiplas inicialmente, seguida do empirismo, da teoria sociointeracionista e construtivista, desenvolvemos uma metodologia didática, de tal modo que, o produto estrutura-se em atividades pertencentes a três etapas diferentes: atividades corporais, atividades experimentais e atividades teóricas. Cada uma destas etapas é composta por fichas, ora sendo de atividades, ora de registros, ora avaliativa. Através de fichas avaliativas, o professor conduz uma série de atividades para a investigação do conceito e localização do Centro de Gravidade. Como instrumento de coleta de dados foram utilizados as respostas das questões formuladas nas diversas etapas do processo, assim como, os registros das anotações da professora sobre a aplicação do material instrucional.

O produto foi aplicado em cinco turmas do ensino médio de duas escolas públicas estaduais, e, junto a turma de licenciatura em Biologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Após análise pormenorizada, apresentada no Capítulo 5, das respostas das diferentes turmas as atividades sugeridas, sob a perspectiva da aprendizagem do tema principal – Centro de Gravidade - e de temas subjacentes que surgiram naturalmente em função da dinâmica proposta, tomamos a liberdade de comparar o resultado da aplicação do produto entre as turmas. Na verdade, o objetivo foi verificar o padrão das respostas, se é que existe, e não propriamente qual das turmas teve o melhor desempenho, já que, cada uma tem suas particularidades que sabidamente refletem no ensino-aprendizagem. Cabe ressaltar, que tais particularidades são tão determinantes neste processo que não foi atoa que

escolhemos as turmas (1011 e 1012) do Colégio Estadual Aurelino Leal do bairro do Ingá, que somam aspectos como: poucos estudantes por turma, não está localizada em zona de conflito, estudantes com idades próximas, turno vespertino, que nos fez tomá-las como bases das análises da aplicação do nosso produto.

Em todas turmas, tanto de as Ensino Médio quanto a de licenciatura em Biologia, durante a etapa corporal-cinestésica, observando as atividades que envolvem a investigação corporal individual, percebemos através dos gráficos mudança nas respostas ao longo desta etapa, embora em gradiente diferente para cada turma analisada. Aos poucos as concepções espontâneas foram percebidas como falsas e deixando espaço para outra significação, entretanto, em algumas turmas este aspecto é percebido logo na segunda ou terceira postura, como pode ser verificado pelos gráficos, enquanto que em outras turmas, mais etapas foram necessárias. Verificou-se em todas as turmas, a dificuldade dos estudantes em trabalhar com experimentos que permitem aquisição de dados, seja pela dificuldade com instrumentos de medidas ou pela falta de destreza com os itens que compõe o material. Embora tais dificuldades estejam presentes, os estudantes se mantiveram ativos ao longo da atividade experimental com do método da pendura. A etapa relacionada ao cálculo analítico da determinação do CG, mostra que houve sucesso na reprodução do modelo matemático com a atividade final, pois há uma grande incidência de acertos.

Por sua vez, o Desafio, que requer a compreensão do processo e a transposição do conhecimento corpóreo e experimental para a linguagem matemática, boa parte dos estudantes do Ensino Médio desenvolveram parcialmente as etapas corretas do processo de construção lógico matemática, podendo, inclusive, observar criticamente o resultado. Outros sequer tentaram, talvez por desinteresse ou pressupondo a dificuldade matemática envolvida. Já os os estudantes de Ensino Superior, quase todos, acertaram a questão, mostrando mais maturidade no enfrentamento da dificuldade.

Também tratamos os insucessos da aplicação do produto como fator de análise, uma vez que não foi integralmente desenvolvido em turmas não assíduas ou com grande incidência de atrasos. A exposição dos pontos divergentes nos resultados esperados observado nos colégios estaduais também são permeados por questões sócio-econômicas e culturais, as quais referem-se a localização das instituições citadas, as possibilidades e facilidades de acesso a atividades culturais, os hábitos locais devido a violência e ao tráfico e mesmo a disponibilidade de

professores para alocação nestas instituições. Quanto a turma de graduação, observa-se diferença nas respostas dos estudantes que frequentaram instituições públicas não vinculadas a instituições de Ensino Superior, que, em geral, apresentaram respostas mais deficitárias em relação aos outros.

O contato com o estudo do conceito de CG relacionando o equilíbrio corporal proporciona uma abordagem de forma contextualizada e potencialmente transdisciplinar, além de uma aprendizagem mais autônoma. Sob um campo de visão mais aberto, dadas as condições particulares de cada turma com o panorama expostos inicialmente, além dos resultados expostos acima, foi observado também o interesse dos estudantes na participação das atividades, a colaboração dos integrantes dos grupos na atividade experimental, a curiosidade pela pesquisa corporal e as observações colaborativas entre duplas e grupos.

O trabalho apresentado tem potencialidades, objetivas e subjetivas, no que diz respeito ao trabalho corporal, podendo ser desenvolvido conjuntamente com o professor de Educação Física contextualizando a consciência para movimentos característicos das práticas esportivas, com o professor de Biologia apresentando a fisiologia nas particularidades corporais (atletas e pessoas sedentárias), com o professor de Sociologia e Filosofia desdobrando o assunto para a inclusão de portadores de necessidades especiais ou pessoas com deficiência na sociedade ou ainda com o professor de Artes Visuais abordando o olhar para o corpo ao longo da história, por exemplo. Outra potencialidade apresentada pelo trabalho refere-se ao desenvolvimento experimental, o qual não exige a disponibilização de um laboratório para ser desenvolvido, sendo bem adaptada a sala de aula.

Como perspectiva futura há possibilidade de desdobramento deste trabalho para conceituação mais própria sobre CG com pessoas cegas ou com baixa visão, tornando assim, o conhecimento científico mais próprio, significativo e democrático.

Referências Bibliográficas

ARENDDT, H. A vita activa e a era moderna. In: _____ **A condição humana**. Rio de Janeiro: Forense-universitária, 1981, p.260-297.

ARENDDT, H. **A vida do espírito**. Rio de Janeiro: Relume dumará, 2000.

ASSIS, A. K. T.; RAVANELLI F. M. d. M.. Reflexões sobre o conceito de centro de gravidade nos livros didáticos. **Ciência & Ensino**, v. 2, n. 2, 2008.

ASSIS, A. K. T. **Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca**. *Montreal, Quebec H2W 2B2 Canada: C. Roy Keys Inc* [2008].

BRASIL. Secretaria de educação e Cultura. Parâmetros Curriculares Nacionais. A reforma curricular e a organização do Ensino Médio. Brasília: MEC/SEC, 2000. P.15-23.

CARLOS, J. G. **Interdisciplinaridade no Ensino Médio**: desafios e potencialidades. Programa de Pós-graduação em ensino de ciências. UNB, 2007.

DIAS, M. A.; CARVALHO, P. S.; RODRIGUES, M. How to determine the center of mass of bodies from image modeling. **Phys. Educ.** 51, 2016.

GARDNER, H. Abordagem múltiplas à inteligência. In: ILLERIS, K. (org.). **Teorias contemporâneas de aprendizagem**. Porto Alegre: Penso, 2013. p. 127-137.

GAMA, M. C. S. S. Teoria das Inteligências Múltiplas e suas implicações para a educação. Disponível em <<http://www.homemdemello.com.br/psicologia/intelmult.html>> Acesso em 24 jul 2016.

GASPAR, A. Educação formal e educação informal em ciências. *Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil*, Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Fórum de Ciência e Cultura. 2002.

GUMBRECHT, H.U.; SOARES, A. I. (trad.) **Produção de presença**: o que o sentido não consegue transmitir. Rio de Janeiro, Contraponto, Ed. PUC-RJ, 2010.

ILLERIS, K. **Teorias contemporâneas de aprendizagem**. Porto Alegre: Penso, 2013.

LEMONS, L.F.C., TEIXEIRA, C.S., MOTA, C.B.. Uma revisão sobre o centro de gravidade e o equilíbrio corporal. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, v.17, n. 4. p. 83-90, 2009.

PLANK, M. **Introdução: A reversibilidade e irreversibilidade**. Oito Palestras sobre Física Teórica. New York: Dover Publications Inc., 1998, p 2-6.

MORAES, R.; Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

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

- OKUNO, E. **Desvendando a física do corpo humano**: biomecânica. Manole, 2008.
- PRÄSS, A. R. **Teorias de aprendizagem**. ScriniaLibris.com, 2012.
- RAPHAEL, D. Experiências com o baricentro. **Revista do professor de matemática**. IME-USP, n. 63, 2007.
- RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria Estadual de Educação. **Projetos e programas**. Disponível em < <http://www.rj.gov.br/web/seeduc/listaconteudo?search-type=projetoeprogramas&secretaria=/seeduc> > Acesso em 12 set 2016.
- RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria Estadual de Educação. **Programa Autonomia**. Disponível em < <http://www.rj.gov.br> > Acesso em 23 set 2016.
- RODACKI, A. L. F. **Análise dos fatores antropométricos em biomecânica**. Disponível em < http://www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica_arquivos/Parametros%20antropom%20em%20Biomecanica.pdf > Documento de apoio. Acesso em 26 jul 2015.
- SANTIAGO, R. B. et al. **Interdisciplinaridade no ensino**: a física do esporte. Rio de Janeiro: UERJ. Disponível em <http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/snef/_interdisciplinadadenoe.trabalho.pdf. > Acesso dia 22 mar 2017.
- SANTIAGO, R. B. et al., **A interdisciplinaridade entre a física e o atletismo como estratégia para o ensino-aprendizagem num pré-vestibular comunitário**. Rio de Janeiro: UERJ, v. 8, n. 2, p.107-117, 2013.
- SANTIAGO, R. B.; MARTINS, J. C., A interpretação física de um golpe do karatê: o Gyaki-zuki. **Física na escola**. v.10. n.2. 2009.
- SANTOS, R. P. dos. **Inteligências múltiplas e aprendizagem**. São Paulo: I-Editora, 2002
- SILVA, J. ; SOUZA, J., O ensino de Física em Botucatu, **Revista Botucatuense de Ensino de Física**, v. 97, n. 4, p. 1103-1125, 2010.
- SILVA, C. J. da; ARENAS, T; SANTIAGO, R. B.. Os desafios das ações extensionistas em espaços não formal e informal de educação. **Revista Raizes e Rumos**, v. 3, n. 1, p. 172 – 181, 2015.
- TRAVASSOS, L. C. P. Inteligências múltiplas. **Revista de biologia e ciências da terra**,V.1, n.1, 2001.
- WEBER, J. V.; SOARES, F. A. A.; ROCHA, J. B. Interdisciplinaridade entre as ciências e a educação física na visão de alunos do Ensino Fundamental e Médio na rede privada. **Revista Ciencia e ideias**, v. 4, n. 1, 2002.

Apêndice A – Produto Educacional

1ª etapa – material do professor: Sensibilização.

Oriente os estudantes a anotar no quadro a direita algumas observações, como:

- * qual o ponto do corpo dos próprios estudantes que está impedindo que o movimento aconteça, ou,
- * o que resulta da tentativa da movimentação ou do exercício?

Toda observação que os estudantes fizerem é pertinente de ser anotada. (As anotações não precisam ser iguais.)

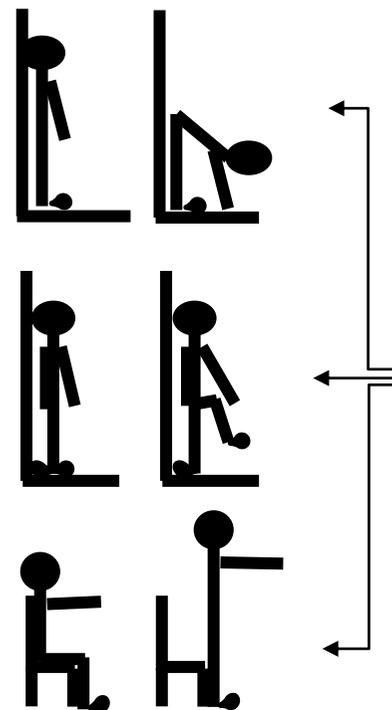
* Com o corpo ereto e com os calcanhares e as costas encostadas em uma parede, coloque as mãos no chão.

* Com o corpo ereto e com a lateral esquerda encostada em uma parede, levante a perna direita e permaneça com ela no ar.

* Sentado em uma cadeira, posicione as pernas de modo a formar um ângulo de 90° entre a coxa e a canela. (Não deixe que suas pernas ultrapassem os pés da cadeira). Levante da cadeira sem impulsão.

* Na posição para fazer flexão de braços, levante um braço e uma perna alternados e mantenha o equilíbrio.
Tente não permitir a rotação do tronco e da pélvis.

* Na posição quatro apoios, levante um braço e uma perna alternados e mantenha o equilíbrio.
Tente não permitir a rotação do tronco e da pélvis.



MOVIMENTOS IMPOSSÍVEIS

O estudante deverá fazer uma pesquisa corpórea para perceber a instabilidade de realizar os movimentos. Deverá ainda entrar em contato, de forma reflexiva, com a diferenciação da sua condição física corpórea da condição física tratando seu corpo como objeto Newtoniano. O professor deve incentivar e deixar com que o estudante proponha e investigue novas tentativas para cumprir as consignas.

Os estudantes devem perceber a torção realizada pelo corpo na tentativa de estabilizar o corpo e a diferença da estabilidade do movimento com os diferentes apoios.

Oriente os estudantes a anotar no quadro a direita algumas observações, como:

- * qual o ponto do corpo dos próprios estudantes que está impedindo que o movimento aconteça, ou,
- * o que resulta da tentativa da movimentação ou do exercício?

Toda observação que os estudantes fizerem é pertinente de ser anotada. (As anotações não precisam ser iguais.)

- * De costas apoiadas com as costas de outro colega, a dupla deverá sentar-se e levantar-se, sem apoiar as mãos no chão e sem afastar as costas das costas do colega.

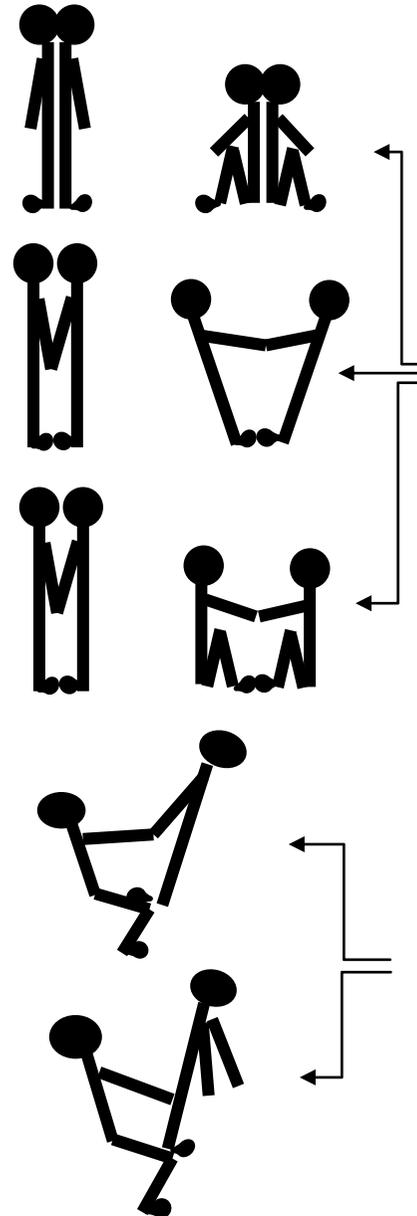
- * Com as pontas dos pés tocando as pontas dos pés de um colega, a dupla deverá, com o corpo ereto, esticar os braços e retornar a posição inicial

- * Com as pontas dos pés tocando as pontas dos pés de um colega, a dupla deverá sentar-se simultaneamente.

As duas próximas dinâmicas são portagens circenses, e o professor deve avaliar o desempenho da turma antes de propor essa posição de equilíbrio.

- * Um estudante, de mãos dadas com seu parceiro, deverá equilibrar-se, de frente, com os pés nos joelhos do outro e esticar os braços mantendo o corpo ereto.

- * Mantendo a mesma orientação que foi dada na posição anterior, um estudante deverá equilibrar-se com os pés nos joelhos e de costas para seu parceiro. Este deverá apoiar a subida do colega pela cintura e em seguida segurá-lo pelas canelas ou pelos joelhos.



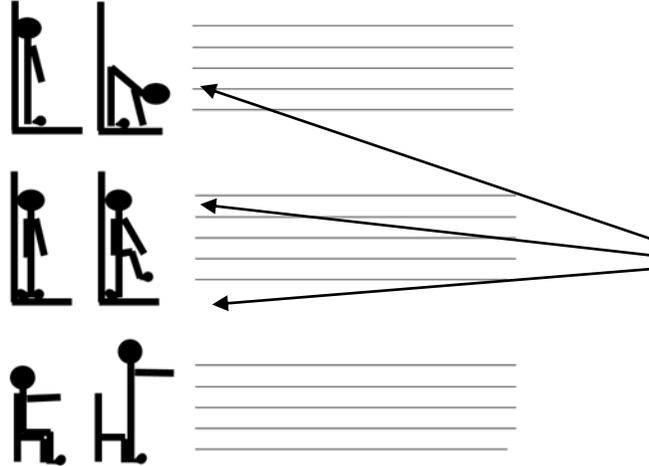
O estudante deverá fazer uma pesquisa corpórea para perceber qual a direção, o sentido e a intensidade da força que devem fazer para cumprir as consignas. Toda a pesquisa corpórea desta etapa deverá possibilitar aos estudantes entenderem o trabalho com os dois corpos constituindo um sistema, como um único corpo Newtoniano.

Nestes movimentos os estudantes deverão refletir sobre a relação entre a força e a condição de equilíbrio do sistema, entendendo que na posição de equilíbrio a força feita pelos participantes é mínima.

2ª etapa – material do professor: Registro e formulação de hipótese.

FICHA DE AVALIAÇÃO INDIVIDUAL
NOME: _____

Os desenhos ao lado representam movimentos que foram tentados executar pelos alunos em uma investigação corporal. Se as consignas foram bem atendidas e executadas é seguro que ninguém conseguiu fazer qualquer destes movimentos.
Para cada um dos casos sugira uma mudança nas condições do movimento para que eles possam ser realizados com sucesso por qualquer pessoa.



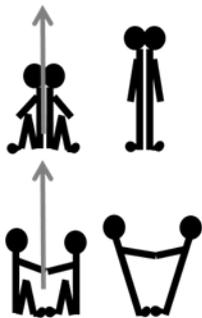
Marque na figura ao lado qual a parte do corpo que voce pensa ser determinante para manter o equilibrio do corpo e explique o seu raciocinio no espaço ao lado justificando sua escolha.

Ajude o estudante oferecendo o nome dos seguimentos corpóreos: cabeça, tronco (avise que esta parte é dividida em tórax, abdômen e pélvis), braços e

Interprete o enunciado da questão junto com quem apresentar dificuldade: Em outras palavras peça que descreva uma maneira de fazer o movimento sem modificar as regras iniciais:

- Não desencostar o calcanhar e o quadril da parede.
- Não desencostar a lateral do pé da parede
- Manter o tronco ereto e os joelhos a 90°.

NOME: _____



Os vetores, que representa o movimento da dupla ao levantar, é uma composição das forças feitas pelos dois participantes. Represente, também através de vetores, a ação que as pessoas fizeram umas nas outras a fim de realizar o movimento



Ajude a formular a resposta questionando se a força que eles aplicaram era só 'para trás' ou só 'para cima'.
PROFESSOR: Sua perna está te empurrando em qual direção? Apenas para trás? Para cima?



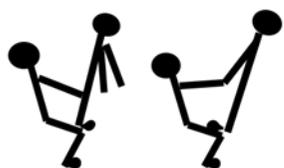
Durante um exercício, a dupla manteve-se equilibrada como na posição mostrada na figura ao lado. Baseado na diferença entre a sua massa e a do seu colega, explique quem ficará mais inclinado?

Estabeleça modelos corporais com números extremos, como por exemplo: se a dupla fosse uma bailarina e um lutador de sumô, quem inclinaria mais?



As imagens ao lado representam duas posições de equilíbrio usadas por artistas circense. A pessoa que segura é chamada de "portô" e o que sobe é chamado de "volante". Tendo como base seus conhecimentos adquiridos até agora com os exercícios feitos, explique qual exige mais força dos atletas, sabendo que a única diferença aparente entre as posições é o fato do volante estar de frente com as mãos dadas com o portô ou de costas, seguro pelas canelas.

A última questão só é respondida com propriedade por quem fez ou tentou fazer o movimento. Pode haver comparação entre diversos aspectos: a relação entre a inclinação entre os pares; a força realizada pelo parceiro que faz a portagem; a força que o volante tem que fazer para suportar o corpo com pontos de apoio diferentes, por exemplo. A correção da questão merece um olhar criterioso do professor/avaliador pois é uma hipótese que o estudante elaborará.



Existem outras posturas interessante de fazer disponíveis na internet. Algumas palavras chaves são: como cadeira humana, equilíbrio com pessoas, acrobacia em dupla, acrobacia em trio, grupo etc.

A pesquisa de propostas dessas posturas durante a aula é bem-vinda.

3ª etapa - Material do professor: Experimentação.

O método da pendura é facilmente reproduzido. Existem várias possibilidades para tal e o professor desenvolve aquela que mais convier na ocasião da aplicação. A ideia central consiste em fazer dois ou três furos nas figuras geométricas e por aí pendura-las juntamente com um fio de prumo. Isso pode ocorrer a partir de algum prego na parede, por exemplo, até a elaboração de um suporte mais estético.

É necessário que se observe a diferença das dimensões do furo e do prego. A relação entre as grandezas não pode interferir no nivelamento.

O procedimento é explicado no capítulo 3.5 – Determinação experimental do centro de gravidade.

Deixe o estudante explorar!

O método geométrico nos triângulos é determinado pelo encontro das medianas (segmento de reta que liga o ponto médio do lado ao seu vértice oposto). Nos quadriláteros essa determinação pode ser feita observando o cruzamento entre os segmentos de reta que ligam os pontos médios dos lados opostos.

ROTEIRO PARA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Material necessário:

Figuras geométricas em papel cartão: quadrilátero e triângulo.
Suporte para a pendura
Fio de prumo
Régua
Lápis e borracha (calculadora).
Ficha de atividade experimental

Procedimentos:

PARTE I – método da pendura

Objetivo: marcar o centro de gravidade das figuras

Pendure uma figura no suporte em seguida coloque o fio de prumo e trace a vertical com a ajuda de uma régua. Repita o procedimento pendurando essa mesma figura por outro ponto e observe o cruzamento das linhas.

Repita o procedimento para a outra figura geométrica.

Achado o ponto que representa o centro de gravidade por cada um dos métodos, localize-o através de um par ordenado (x, y) , denominando $(x_{\text{geométrico}}, y_{\text{geométrico}})$ e $(x_{\text{pendura}}, y_{\text{pendura}})$ para calcular a acurácia da medida.

Apos esses procedimentos o grupo deverá debater e preencher a ficha experimental.

PARTE I – procedimento geométrico

Objetivo: Marcar o baricentro das figuras

Para triângulos: encontro das medianas.
Para quadriláteros: encontro dos pontos médios das laterais opostas.

Método da pendura

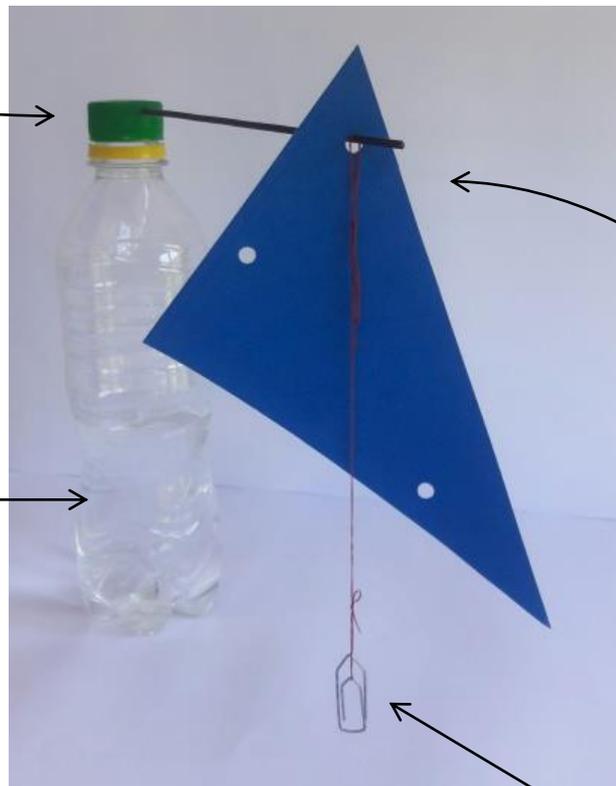
Sugestão para a construção de suporte para a experimentação com o método da pendura.

Material necessário: uma garrafa plástica com tampa, 15 cm de arame rígido.

Fure a tampa da garrafa radialmente a fim de transpassar o pedaço de arame pelos dois lados.
Este arame servirá como suporte

Isso pode ser feito com auxílio de prego e martelo ou aquecendo o arame para derreter o plástico da tampinha.

Coloque água na garrafa para que fique mais pesada e assim deixar o sistema menos propício a interferências externas.



Utilize uma linha de costura e um clipe de papel para construir um fio de prumo.

Faça um nó na parte superior para criar uma alça. Isso facilitará a manipulação do instrumento.

FICHA EXPERIMENTAL

Durante o estudo do conteúdo notamos que existe um ponto, ao qual temos que prestar atenção, para que mantenhamos o equilíbrio do nosso corpo. Exercitaremos duas maneiras de localizar tal ponto em figuras geométricas: o método da pendura e a determinação geométrica. Compare as duas metodologias e anote as características principais de cada uma delas na tabela abaixo.

Método da pendura		Método geométrico	
Prós (vantagens)	Contras (desvantagens)	Prós (vantagens)	Contras (desvantagens)

Para a situação estudada, qual apresenta o resultado mais confiável e por quê?
(Mais confiável significa mais próximo da realidade)

Acurácia da medida (cálculo da margem de erro)

▲ Erro = $\left| \frac{x_{cgg} - x_{cgp}}{x_{cg} g} \right| \times 100$

■ Erro = $\left| \frac{x_{cgg} - x_{cgp}}{x_{cg} g} \right| \times 100$

Qual você acha que foi o objetivo desta aula? Acredita que ele foi alcançado? Justifique sua resposta.

Explique aos estudantes que a grandeza X_{cmg} refere-se a posição do centro de gravidade determinado pelo método geométrico e que X_{cgp} refere-se a posição do centro de gravidade pelo método da pendura

NOME:

Atenção a questão onde o grupo precisa ponderar os prós e os contras de cada um dos métodos para escolher o que julgar mais eficiente.

Espaço para os registros matemáticos referente ao quadrilátero

Espaço para os registros matemáticos referente ao triângulo

Como a acurácia visa verificar o quão preciso foi a determinação do CG pelo método da pendura, precisamos estabelecer um padrão com o método geométrico com o mínimo de interferências externas. Verifique as medidas obtidas pelos estudantes na determinação geométrica a fim de evitar erros grosseiros.

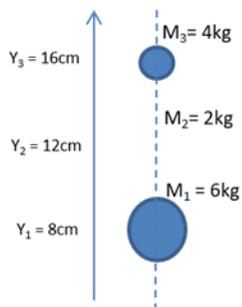
4ª etapa – material do professor: Formalização do conceito

AVALIAÇÃO INDIVIDUAL COM PESQUISA LIVRE

NOME: _____

Cada um dos esquemas apresentados abaixo representa conjuntos de partículas. Assim como os corpos rígidos, esses sistemas também possuem um centro de gravidade (CG). Para cada um desses conjuntos calcule matematicamente a posição do CG e marque-a no eixo do conjunto, tendo como referência a reta orientada verticalmente (linha pontilhada que passa pelas figuras). Observe o exemplo ao lado e aplique o raciocínio aos demais sistemas.

Dica: considere a posição do CG das figuras no centro geométrico das mesmas



Cálculo da posição do centro de gravidade.

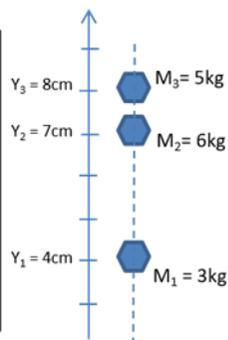
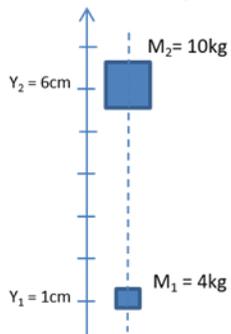
$$Y_{cm} = \frac{Y_1 \cdot M_1 + Y_2 \cdot M_2 + Y_3 \cdot M_3}{M_1 + M_2 + M_3}$$

$$Y_{cm} = \frac{8 \times 6 + 12 \times 2 + 16 \times 4}{6 + 2 + 4}$$

$$Y_{cm} = \frac{48 + 24 + 64}{12}$$

$$Y_{cm} = \frac{136}{12}$$

$$Y_{cm} \cong 11,3 \text{ cm}$$



Alguns critérios, no entanto, são sugeridos: pertinência da unidade de medida, a quantidade de algarismos significativos, a fácil transposição do raciocínio para o sistema com três corpos e a correta substituição dos valores das grandezas.

Cabe ao professor considerar a resolução das questões como válidas ou não, levando em consideração o desenvolvimento de cada indivíduo.

DESAFIO

O corpo humano não é um corpo homogêneo, ou seja, existem partes que pesam mais do que outras e isso influencia na localização do CG. Observe a tabela a baixo. Ela refere-se à distribuição média de massa pelo corpo humano de uma pessoa com 70kg. O desenho ao lado é uma representação simplista do corpo humano descrito por esta tabela

Seguimento corpóreo	Massa média do seguimento para uma pessoa com 70kg
Cabeça e pescoço	5,6Kg
Tronco	35Kg
Braços, antebraços e mãos	3,5Kg (cada)
Coxas, canelas e pés	11,2Kg (cada)

Marque o CG em cada uma das partes da figura que representa o corpo humano.

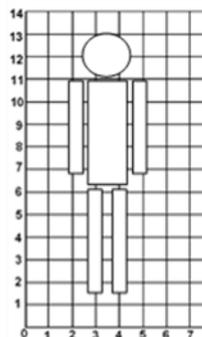
Dica: lembre-se de como você determinou o CG das figuras geométricas

É possível a determinar de maneira matemática a posição do centro de gravidade do corpo humano? Como? Descreva seu raciocínio.

Desenvolva matematicamente seu raciocínio, utilizando para isso, os valores da tabela e a representação do corpo humano comentados acima.

Dica 1: use o mesmo procedimento do exercício anterior, mas preste atenção aos valores da massa e suas respectivas posições.

Dica 2: Faça o procedimento para os dois eixos do plano cartesiano.



Nota-se que o estudante deverá ser capaz de fazer estimativas e perceber as possíveis considerações caso modifique a origem do sistema.

Pode-se considerar também um sistema aleatório de medidas, uma vez que a representação da malha quadriculada não é

O estudante poderá expressar-se de duas formas diferentes para apresentar seu raciocínio: linguisticamente e matematicamente. Cabe ao professor considerar a resolução das questões como validas ou não, levando em consideração o processo e o desenvolvimento de cada um.

1ª etapa – material do estudante: Sensibilização.

FICHA DE ANOTAÇÕES INDIVIDUAL
NOME: _____

		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	<p>Espaços para justificativas</p> <div data-bbox="1317 304 1800 488" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 115px; width: 216px;"></div> <div data-bbox="1317 517 1800 700" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 115px; width: 216px;"></div> <div data-bbox="1317 729 1800 912" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 115px; width: 216px;"></div> <div data-bbox="1317 941 1800 1125" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 115px; width: 216px;"></div> <div data-bbox="1317 1153 1800 1337" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; height: 115px; width: 216px;"></div>
		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	
		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	
		É possível permanecer na postura? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	
		É possível permanecer na postura? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo	

FICHA DE ANOTAÇÕES DA DUPLA

NOME: _____



É possível fazer o movimento?

- Sim
- Não

É possível fazer o movimento?

- Sim
- Não

É possível fazer o movimento?

- Sim
- Não

É possível fazer o movimento?

- Sim
- Não

É possível fazer o movimento?

- Sim
- Não

Espaços para justificativas

2ª etapa – material do estudante: Registro e formulação de hipótese.

FICHA DE AVALIAÇÃO INDIVIDUAL

NOME: _____

Os desenhos ao lado representam movimentos que foram tentados executar pelos alunos em uma investigação corporal. Se as consignas foram bem atendidas e executadas é seguro que ninguém conseguiu fazer qualquer destes movimentos.

Para cada um dos casos sugira uma mudança nas condições do movimento para que eles possam ser realizados com sucesso por qualquer pessoa.





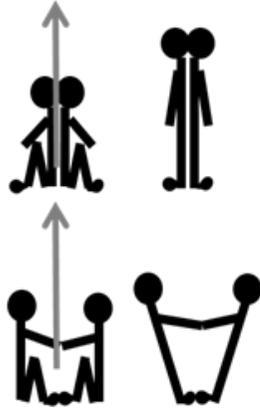




Marque na figura ao lado qual a parte do corpo que voce pensa ser determinante para manter o equilibrio do corpo e explique o seu raciocinio no espaço ao lado justificando sua escolha.

FICHA DE AVALIAÇÃO EM DUPLAS

NOME: _____



Os vetores, que representa o movimento da dupla ao levantar, é uma composição das forças feitas pelos dois participantes. Represente, também através de vetores, a ação que as pessoas fizeram umas nas outras a fim de realizar o movimento



Durante um exercício, a dupla manteve-se equilibrada como na posição mostrada na figura ao lado. Baseado na diferença entre a sua massa e a do seu colega, explique quem ficará mais inclinado?



As imagens ao lado representam duas posições de equilíbrio usadas por artistas circense. A pessoa que segura é chamada de "portô" e o que sobe é chamado de "volante". Tendo como base seus conhecimentos adquiridos até agora com os exercícios feitos, explique qual exige mais força dos atletas, sabendo que a única diferença aparente entre as posições é o fato do volante estar de frente com as mãos dadas com o portô ou de costas, seguro pelas canelas.

3ª etapa - Material do estudante: Experimentação.

ROTEIRO PARA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Material necessário:

Figuras geométricas em papel cartão: quadrilátero e triângulo.
Suporte para a pendura
Fio de prumo
Régua
Lápis e borracha (calculadora).
Ficha de atividade experimental

Procedimentos:

PARTE I – método da pendura

Objetivo: marcar o centro de gravidade das figuras

Pendure uma figura no suporte em seguida coloque o fio de prumo e trace a vertical com a ajuda de uma régua. Repita o procedimento pendurando essa mesma figura por outro ponto e observe o cruzamento das linhas.

Repita o procedimento para a outra figura geométrica.

PARTE I – procedimento geométrico

Objetivo: Marcar o baricentro das figuras

Para triângulos: encontro das medianas.

Para quadriláteros: encontro dos pontos médios das laterais opostas.

Achado o ponto que representa o centro de gravidade por cada um dos métodos, localize-o através de um par ordenado (x,y) , denominando $(x_{\text{geométrico}}, y_{\text{geométrico}})$ e $(x_{\text{pendura}}, y_{\text{pendura}})$ para calcular a acurácia da medida.

Apos esses procedimentos o grupo deverá debater e preencher a ficha experimental.

Durante o estudo do conteúdo notamos que existe um ponto, ao qual temos que prestar atenção, para que mantenhamos o equilíbrio do nosso corpo. Exercitaremos duas maneiras de localizar tal ponto em figuras geométricas: o método da pendura e a determinação geométrica. Compare as duas metodologias e anote as características principais de cada uma delas na tabela abaixo.

Método da pendura		Método geométrico	
Prós (vantagens)	Contras (desvantagens)	Prós (vantagens)	Contras (desvantagens)

Para a situação estudada, qual apresenta o resultado mais confiável e por quê?
(Mais confiável significa mais próximo da realidade)

Acurácia da medida (cálculo da margem de erro)

$$\text{Erro} = \left| \frac{X_{cgg} - X_{cgp}}{X_{cg\ g}} \right| \times 100$$

$$\text{Erro} = \left| \frac{X_{cgg} - X_{cgp}}{X_{cg\ g}} \right| \times 100$$

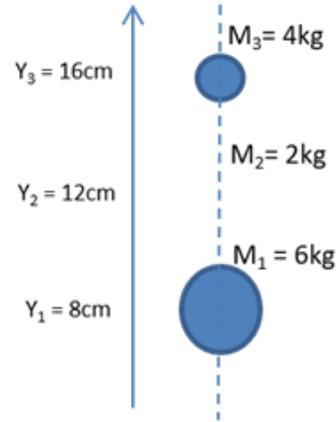
Qual você acha que foi o objetivo desta aula? Acredita que ele foi alcançado? Justifique sua resposta.

4ª etapa – material do estudante: Formalização do conceito.

AVALIAÇÃO INDIVIDUAL COM PESQUISA LIVRE

NOME: _____

Cada um dos esquemas apresentados abaixo representa conjuntos de partículas. Assim como os corpos rígidos, esses sistemas também possuem um centro de gravidade (CG). Para cada um desses conjuntos calcule matematicamente a posição do CG e marque-a no eixo do conjunto, tendo como referência a reta orientada verticalmente (linha pontilhada que passa pelas figuras). Observe o exemplo ao lado e aplique o raciocínio aos demais sistemas.



Cálculo da posição do centro de gravidade.

$$Y_{cm} = \frac{Y_1 \cdot M_1 + Y_2 \cdot M_2 + Y_3 \cdot M_3}{M_1 + M_2 + M_3}$$

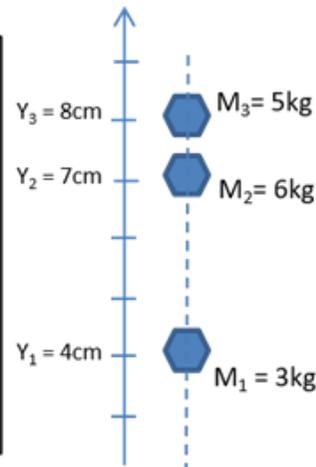
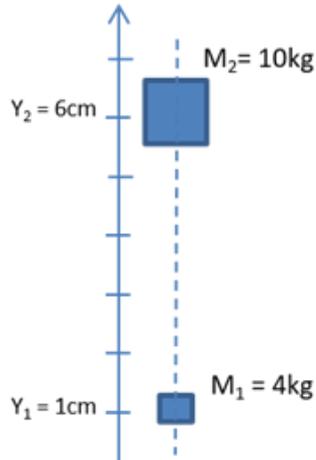
$$Y_{cm} = \frac{8 \times 6 + 12 \times 2 + 16 \times 4}{6 + 2 + 4}$$

$$Y_{cm} = \frac{48 + 24 + 64}{12}$$

$$Y_{cm} = \frac{136}{12}$$

$$Y_{cm} \cong 11,3 \text{ cm}$$

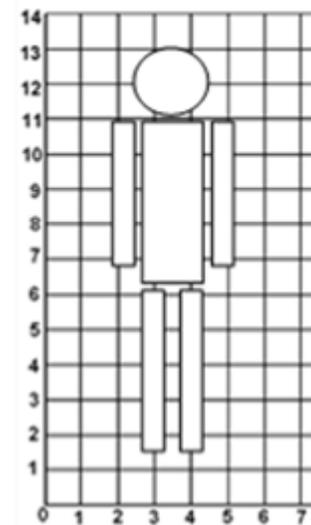
Dica: considere a posição do CG das figuras no centro geométrico das mesmas



DESAFIO

O corpo humano não é um corpo homogêneo, ou seja, existem partes que pesam mais do que outras e isso influencia na localização do CG. Observe a tabela a baixo. Ela refere-se à distribuição média de massa pelo corpo humano de uma pessoa com 70kg. O desenho ao lado é uma representação simplista do corpo humano descrito por esta tabela

Seguimento corpóreo	Massa média do seguimento para uma pessoa com 70kg
Cabeça e pescoço	5,6Kg
Tronco	35Kg
Braços, antebraços e mãos	3,5Kg (cada)
Coxas, canelas e pés	11,2Kg (cada)



Marque o CG em cada uma das partes da figura que representa o corpo humano.

Dica: lembre-se de como você determinou o CG das figuras geométricas

É possível a determinar de maneira matemática a posição do centro de gravidade do corpo humano? Como? Descreva seu raciocínio.

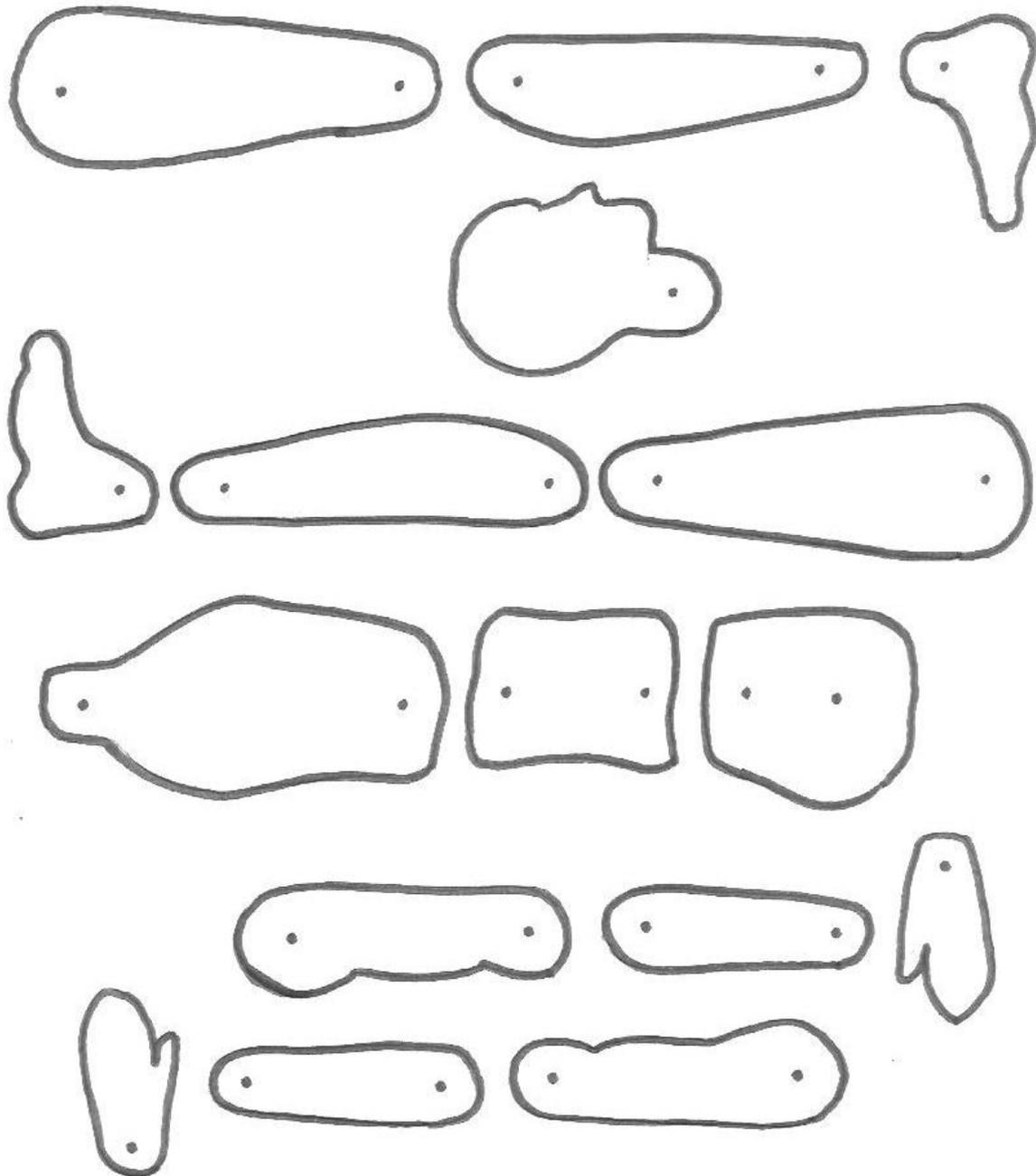
Desenvolva matematicamente seu raciocínio, utilizando para isso, os valores da tabela e a representação do corpo humano comentados acima.

Dica 1: use o mesmo procedimento do exercício anterior, mas preste atenção aos valores da massa e suas respectivas posições.

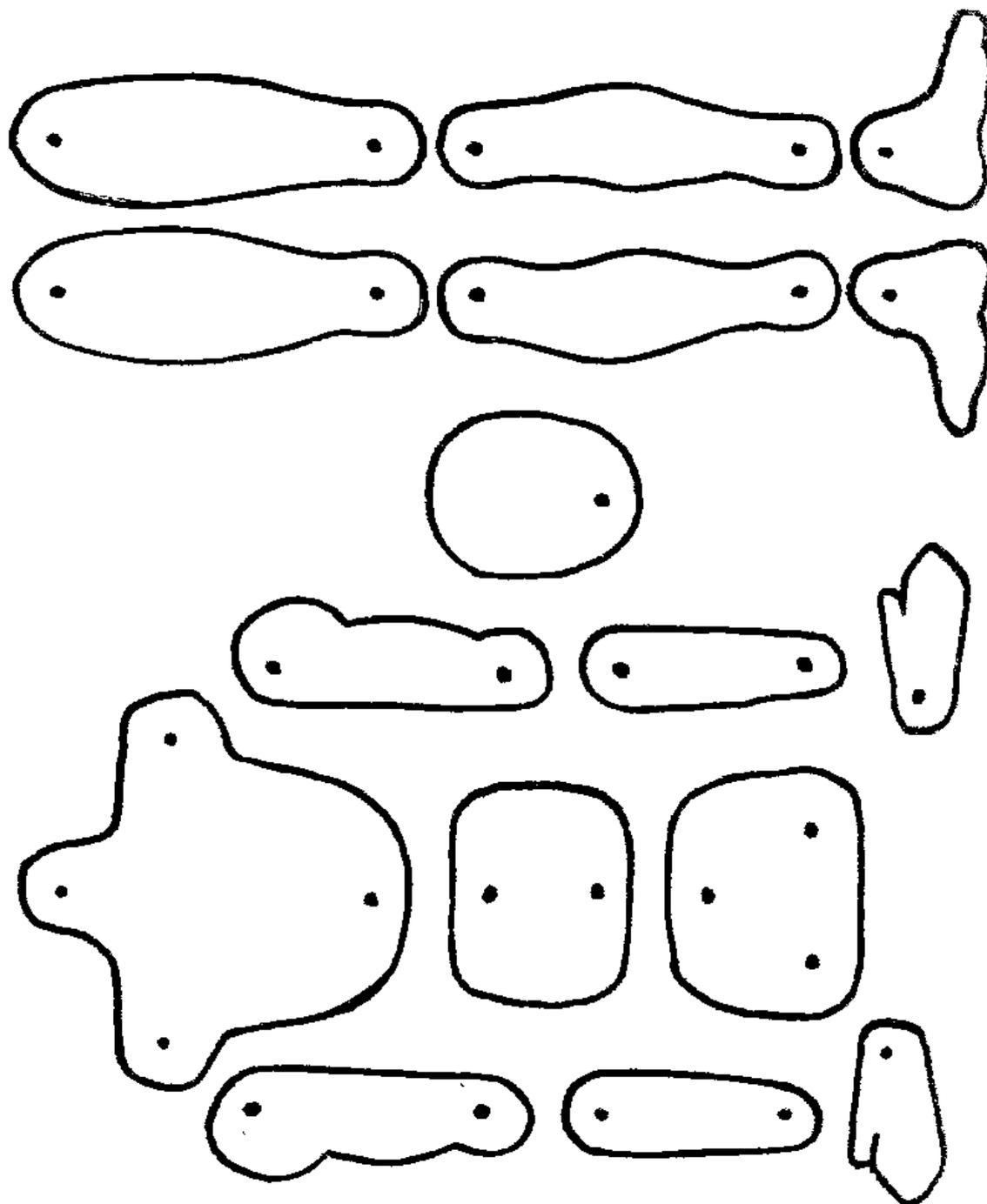
Dica 2: Faça o procedimento para os dois eixos do plano cartesiano.

Apêndice B – Modelo articulável

Reproduza o desenho abaixo em uma folha de papel cartão ou qualquer papel mais denso, recorte o contorno das partes corporais e una-as nos pontos por arrebites



Modelo articulável na posição de perfil



Modelo articulável na posição frente

Apêndice C – Autorizações para uso de imagem e divulgação do nome das instituições.



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado de Educação
Região das Baixadas Litorâneas
Colégio Estadual Aurelino Leal
Rua Presidente Pedreira, 79 – INGÁ – NITERÓI
TEL/FAX: (21)3601-1585 – e-mail: novoceal@gmail.com

A U T O R I Z A Ç Ã O

Autorizo a professora Tatiana Arenas Mora a divulgar, em seu trabalho de pesquisa intitulado “Metodologia para o Ensino Aprendizagem do Centro de Gravidade a Partir do Equilíbrio do Corpo Humano”, vinculado ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), o nome desta Unidade Escolar

Antonio Jorge Mora Campos
Diretor Geral - CEAL
ID: 40579021



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado de Educação
Colégio Estadual Dr. Luciano Pestre

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a Profª Tatiana Arenas Mora a divulgar, em seu trabalho de pesquisa intitulado “Metodologia para o ensino-aprendizagem do Centro de Gravidade a partir do equilíbrio do corpo humano” vinculado ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), o nome da Unidade Escolar.

Niterói, 22 de dezembro de 2016.

C. E. DR. LUCIANO PESTRE
Carla M^ª Pinheiro Botelho
Direção Geral
ID 3871055 Mat. 0261395-4