



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENSINO DE**  
**CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**RAMILTON BATINGA DOS SANTOS FILHO**

**UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE**  
**FÍSICA MEDIADA POR TÉCNICAS DO JUDÔ E A SALA DE AULA**  
**INVERTIDA**

**MACEIÓ**

**2019**

**RAMILTON BATINGA DOS SANTOS FILHO**

**UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE  
FÍSICA MEDIADA POR TÉCNICAS DO JUDÔ E A SALA DE AULA  
INVERTIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática – Subárea de Concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Amauri da Silva Barros

**MACEIÓ**

**2019**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

S237fp Santos Filho, Ramilton Batinga dos.

Uma proposta metodológica para o ensino de conceitos de física mediada por técnicas do judô e a sala de aula invertida / Ramilton Batinga dos Santos Filho. - 2019.

70 f. : il. color. + 1 folheto (23 f.)

Orientador: Amauri da Silva Barros.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

Inclui produto educacional: Uma sequência ancorada na sala de aula invertida e plataforma Google Classroom para conceitos de física.

Bibliografia. f. 68-70.

1. Física (ensino médio). 2. Estratégia didática. 3. Métodos de ensino. 4. Sala de aula invertida. 5. Aprendizagem significativa. I. Título.

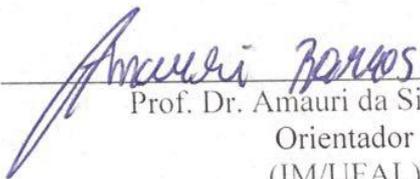
CDU: 37.02

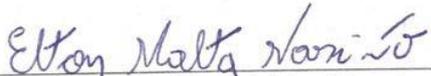
RAMILTON BATINGA DOS SANTOS FILHO

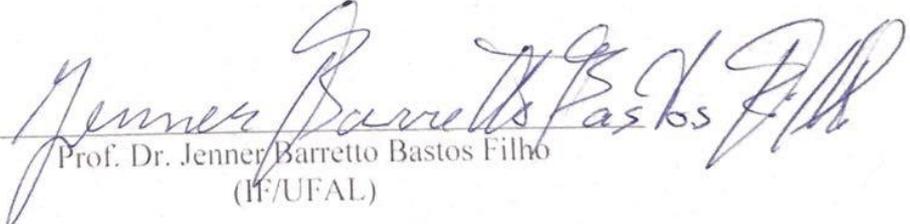
**“Uma proposta metodológica para o ensino de conceitos de Física  
mediada por técnicas do judô e a sala de aula invertida”**

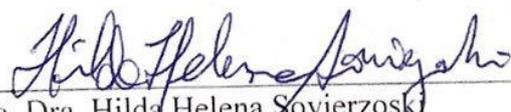
Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática – Subárea de Concentração “Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas, aprovada em 22 de abril de 2019.

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Amauri da Silva Barros  
Orientador  
(IM/UFAL)

  
Prof. Dr. Elton Malta Nascimento  
(IF/UFAL)

  
Prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho  
(IF/UFAL)

  
Profa. Dra. Hilda Helena Sovierzski  
(ICBS/UFAL)

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de todos a Deus, por me iluminar em todas as minhas escolhas e decisões da vida.

Aos meus familiares por acreditar sempre na minha capacidade, em especial aos meus pais, Rosiane e Willams, por terem sido o alicerce da construção da minha educação e a minha esposa, Priscila, pela sua gigantesca compreensão e suporte nos meus momentos de dedicação e conseqüentemente ausência.

Ao meu filho Pietro por mostrar, mesmo sem palavras, que todo esse esforço é válido.

Ao meu orientador Amauri, que com toda paciência, disposição e conhecimento, contribuiu de maneira ímpar para esse trabalho.

A todo corpo docente do PPGECIM. Professores com um gigantesco conhecimento, mas que possuem um coração ainda maior.

A todos os amigos, que diretamente o indiretamente contribuíram com seus conhecimentos e conselhos durante esse processo.

Aos gestores do Colégio Santa Úrsula por permitirem e confiarem em mim para que essa prática fosse realizada na escola e aos meus amados alunos que aceitaram sem pestanejar participar desse projeto.

Aos meus amigos da ADAC que contribuíram para essa minha paixão, Judô, e também aos que colaboraram com a criação do vídeo, Yuri e Elton, e sobretudo a um grande amigo, Denilson, que sem ele esse trabalho teria tido caminhos mais pedregosos.

Ao meu Sensei Sergio Bittencourt por ter sido mais que um treinador, um pai. Todo esse trabalho só faz sentido pois você um dia acreditou em mim. Eternas saudades.

“...para mim, é impossível existir sem sonho. A vida na sua totalidade me ensinou como grande lição que é impossível assumi-la sem risco”.

Paulo Freire

## RESUMO

Este trabalho busca identificar as contribuições da sala de aula invertida associada a videoaulas explorando técnicas de judô para o ensino de alguns conceitos de física numa determina turma do ensino médio. Devido a modernização tecnológica, utilizamos a plataforma *Google Classroom* para disponibilizar os testes e os recursos audiovisuais que foram confeccionados para a aplicação da sala de aula invertida e construir conhecimentos no aluno com ênfase na teoria da aprendizagem significativa. Aqui o Judô foi utilizado para criar conhecimentos base para a construção de conceitos da Física. O judô é um esporte alicerçado em muitos aspectos da mecânica, por isto escolhemos este esporte para exemplificar conceitos de Física como centro de massa, torque e alavancas. Mostramos neste trabalho a construção e aplicação da proposta didática, assim como a análise qualitativa das respostas dos testes e questionários. A metodologia da referida pesquisa teve como natureza o procedimento misto. Em relação aos objetivos, o enfoque adotado foi a pesquisa-ação. Aplicamos esta proposta num colégio da rede particular de ensino da capital de Alagoas. Para aplicação das metodologias na sala de aula foram elaboradas duas sequências didáticas e para a coleta dos dados utilizou-se questionários e a observação do pesquisador durante a aplicação das referidas metodologias. A análise dos dados ocorreu de modo descritivo, a partir dos dados extraídos dos questionários, utilizando-se o programa *Excel*, e posteriormente qualitativamente pela observação em campo do pesquisador. Os resultados mostraram que um dos pontos positivos das duas metodologias é uma maior interação entre professor e aluno e que, dessa forma, ocorre um processo melhor de *feedback* entre ambas as partes e que a aula dialogada jamais pode ser abandonada. Por fim fizemos algumas considerações finais onde colocamos algumas observações nossas e depoimentos dos alunos.

**Palavras-chave:** Ensino de Mecânica, esporte, aprendizagem significativa, metodologia ativa.

## ABSTRACT

This work aims to identify the forms of use and the contributions of the inverted classroom associated with videoaulas exploring judo techniques for the teaching of some concepts of physics in a determined high school class. Due to the technological modernization, we used the Google Classroom platform to make available the tests and audiovisual resources that were made for the application of the inverted classroom and to build knowledge in the student with emphasis in the theory of the significant learning. Here Judo was used to create basic knowledge for the construction of concepts of Physics. Judo is a sport based on many aspects of mechanics, so we chose this sport to exemplify concepts of physics as center of mass, torque and levers. We show in this work the construction and application of the didactic proposal, as well as the qualitative analysis of the answers of the tests and questionnaires. The methodology of this research had as its nature the mixed procedure. In relation to the objectives, the adopted approach was the action research. We apply this proposal to a private school in the capital of Alagoas. For the application of the methodologies in the classroom two didactic sequences were elaborated and for the data collection, questionnaires were used and the researcher's observation during the application of said methodologies. The data analysis was carried out in a descriptive way, using the data extracted from the questionnaires, using the Excel program, and later qualitatively by the field observation of the researcher. The results showed that one of the positive points of the two methodologies is a greater interaction between teacher and student and that, in this way, a better feedback process occurs between both parties and that the dialogue class can never be abandoned. Finally we made some final considerations where we put some of our observations and testimonials from the students.

**Keywords:** Mechanical teaching, sport, significant learning, active methodology.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados dos ganhos de Hake obtidos das análises das pontuações dos testes .....	62
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição do conteúdo e tempo estimado da sequência didática proposta separada em quatro momentos .....	44
Quadro 2 – Algumas questões socio-econômica-cultural utilizadas na confecção do questionário. ....	47
Quadro 3 – Algumas questões acerca do conhecimento do conteúdo de Física utilizadas na confecção do teste. ....	48
Quadro 4 – Respostas de uma questão do pré-teste e pós-teste 1 do aluno IFV .	54
Quadro 5 – Respostas de uma questão do pré-teste e pós-teste 1 do aluno MMS .....	55
Quadro 6 – Respostas de duas questões do pré-teste e pós-teste 1 dos alunos WEMA e LBFT.....	56
Quadro 7 – Respostas de uma questão do pré-teste e pós-teste 1 do aluno VD ..	57
Quadro 8 – Respostas de uma questão dos testes do aluno ACSC .....	57
Quadro 9 – Respostas de duas questões do pós-teste 1 e pós-teste 2 dos alunos WEMA e IBBR. ....	58
Quadro 10 – Respostas de uma questão dos testes do aluno WEMA .....	59
Quadro 11 – Respostas às perguntas de avaliação acerca da atividade dos alunos WEMA, ABCD e RNSB.....	63

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Pesquisa sobre o termo Metodologias Ativas no Google Acadêmico .	28
Gráfico 2 – Percentual de alunos que praticam esporte e os que já tiveram contato com Judô ou Jiu-jitsu .....	53
Gráfico 3 – Distribuição por maior afinidade dos alunos por um dos ramos do conhecimento. Análise feita com base na afirmação individual acerca a afinidade. ....	54
Gráfico 4 – Distribuição das porcentagens de acertos dos resultados dos testes .	60
Gráfico 5 – Distribuição das frequências dos ganhos normalizados.....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Disposição de três partículas de massas diferentes numa reta (a) e em um plano (b), com seus respectivos centros de massa (CM) .....	31
Figura 2 – Representação gráfica de uma barra com densidade linear de massa constante (a), uma placa com densidade superficial de massa constante (b) e uma esfera de densidade volumétrica de massa constante (c). Todos representados com seus respectivos centros de massa (CM). .....	32
Figura 3 – Representação simplificada do corpo humano e seu respectivo centro de massa (CM) localizado próximo ao umbigo. ....	33
Figura 4 – Ação de uma força $\vec{F}$ atuando em uma barra a uma distância $\vec{r}$ do eixo de rotação da mesma em seu centro de massa. Está representado na seta deslocada o vetor braço perpendicular à direção da ação da força $\vec{r}_{\perp}$ . ....	33
Figura 5 – Representação em quadros da aplicação de técnicas de projeção ( <i>Nage-waza</i> ) do Judô: <i>O-goshi</i> (a) e <i>Koshi-guruma</i> (b). ....	35
Figura 6 – Modelo simplificado representativo do centro de massa e das forças sobre o judoca para a aplicação das técnicas de <i>O-goshi</i> (a) e <i>Koshi-guruma</i> (b). ....	36
Figura 7 – Representação simplificada e usual de alavancas do tipo interfixa (a), interpotente (b) e interresistente (c). ....	40
Figura 8 – Representação da aplicação de uma técnica de chave de braço: <i>Ude-hishigi-juji-gatame</i> . ....	41
Figura 9 – Modelo simplificado representativo da chave de braço <i>Ude-hishigi-juji-gatame</i> como análogo de alavanca. ....	42
Figura 10 – Registro do encontro presencial com o grupo para explicações sobre a aplicação do trabalho (a) e instrução para manipulação da plataforma <i>Google Classroom</i> (b). ....	45
Figura 11 – Capturas de tela do pré-teste (a) disponibilizado virtualmente pelos formulários Google. O pré-teste foi disponibilizado para acesso pelo aplicativo <i>Google Classroom</i> (b) como uma tarefa apresentada no mural do próprio aplicativo (c). ....	46
Figura 12 – Captura de tela do videoaula apresentado aos alunos como recurso audiovisual para estudo autônomo na sala de aula invertida. ....	49

Figura 13 – Registro do momento da gravação do vídeo aplicando as técnicas do judô. ....	50
Figura 14 – Registro das aulas presenciais para tirar dúvidas e resolver questões .....	51
Figura 15 – Capturas de tela de comentários, anotações e satisfações dos alunos voluntários no grupo. Relato e elogio do aluno ACSC após assistir o vídeo (a) e anotações dos estudos (b). Relato do aluno BTV após assistir o vídeo (c). ....	67

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	20
2.1 Aprendizagem significativa .....	20
2.1.1 Teoria da aprendizagem significativa.....	20
2.1.2 Uso de materiais audiovisuais na aprendizagem significativa .....	24
2.2 Um pouco de história das metodologias ativas .....	26
2.3 Sala de aula invertida, uma metodologia ativa .....	28
2.4 Tópicos de Física no Judô .....	30
<b>3 METODOLOGIA PARA PROPOSTA DE APLICAÇÃO</b> .....	43
3.1 Descrição do material, planejamento e aplicação.....	43
3.2 Análise de dados .....	52
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	66
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	69

## 1 INTRODUÇÃO

Ser educador é assumir desafios diários, sobretudo no Brasil onde as dificuldades estruturais da maioria das escolas de rede pública são frequentes. A nova geração já não dialoga mais tão bem com os métodos tradicionais de ensino. Somos professores do século 20, usando modelos do século 18 e lecionando para alunos do século 21. É natural o desgaste. A incompatibilidade dos interesses e linguagens, aluno e professor, é notório e tem causado inquietações ao longo desses anos dentro das quatro paredes da sala de aula. Não obstante, os recursos oferecidos à educação são cada vez mais sucateados. A falta de computadores ou ferramentas tecnológicas não é nem mais notada quando se percebe que a realidade das escolas públicas é ausência de professor, de papel higiênico, de água entre tantos outros itens essenciais para condições dignas de ambiente educacional. Entretanto, na tentativa de criar um direcionamento do ensino, em 1996 foi promulgada a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) detalhando os direitos, deveres e objetivos dos profissionais da educação da época. Já em 1998, foram publicados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) que mais tarde foi lançado um complemento com mais sugestões, em 2002 os (PCN+), onde sugere formas de abordagens no ensino e dá sugestões para os currículos escolares. A expectativa é construir um modelo que consiga abranger a maior quantidade de contextos sociais. Os PCN sugerem a necessidade de rever a forma de ensino, priorizando o papel do aluno na construção de seu próprio conhecimento.

Estratégias de ensino diversificadas, que mobilizem menos a memória e mais o raciocínio e outras competências cognitivas superiores, bem como potencializem a interação entre aluno-professor e aluno-aluno para a permanente negociação dos significados dos conteúdos curriculares, de forma a propiciar formas coletivas de construção do conhecimento; estimular todos os procedimentos e atividades que permitam ao aluno reconstruir ou “reinventar” o conhecimento didaticamente transposto para a sala de aula, entre eles a experimentação, a execução de projetos, o protagonismo em situações sociais (BRASIL, 2000).

A dificuldade no ensino de Física, e muitas outras disciplinas, é devido a vários fatores (REZENDE, 2005), porém um dos grandes fatores é a falta de valorização da área, tendo pouco interesse por parte das instituições, principalmente públicas, em investir num ensino de qualidade. Esse cenário leva a falta de interesse dos alunos a estudar e tentar formular e descobrir conceitos por conta própria. Desta forma, cabe ao professor tentar transformar esse cenário modificando a forma de ensino tradicional

para utilizar novos recursos e novas técnicas baseadas em teorias de ensino não tradicionais. Porém, utilizar novos recursos para ministrar as aulas pode se tornar um desafio complicado de se contornar, visto que os recursos mais utilizados são instrumentos audiovisuais em telas ou projetados, que necessitam de uma sala de vídeo na instituição ou o material disponível já nas salas de aula. Outros recursos muito utilizados são simuladores e questionários eletrônicos, mas a dificuldade é ainda maior de encontrar instituições com recursos como computadores ou *mobiles* (*tablets* ou *smartphones*, por exemplo) para disponibilizar para as turmas. O Governo de Alagoas adquiriu, no início de 2017, mais de três mil novos computadores para escolas estaduais, segundo o Diário Oficial, permitindo que no estado de Alagoas haja maiores possibilidades de aplicações de métodos de ensino utilizando esses recursos. Carraro e Pereira (2014) dizem:

As tecnologias possibilitam uma abordagem diferenciada dos conteúdos, pois propiciam a visualização de modelos físicos que não poderiam ser observados de outra forma, exceto por figuras estáticas em livros didáticos ou no quadro negro.

Trabalhos recentes abordam a teoria de aprendizagem significativa no ensino de Física (PACHECO; DAMASIO, 2013; STINGLIN, 2014), onde esta teoria, em termos gerais, sugere que o ensino tradicional é baseado na aprendizagem mecânica e que o processo de aprendizagem na rede cognitiva do aluno deve conseguir atribuir um significado a esse novo conhecimento adquirido e não apenas assimilar, decorar os conceitos e proposições acerca do conhecimento adquirido. Tendo em vista que há trabalhos que abordam a teoria da aprendizagem significativa para o ensino de Física, iniciamos este trabalho abordando o ensino de centro de massa, torque e alavancas a luz da teoria de aprendizagem significativa.

A utilização de recursos audiovisuais é uma forma muito utilizada na teoria significativa para despertar os conhecimentos básicos e que servirão de base (*subsunçores*) para que o novo conhecimento que será adquirido. Este novo conhecimento agora será ancorado no *subsunçor* e adquire um significado. A apresentação de vídeos pode auxiliar a aprendizagem do novo conhecimento usando como base algumas ideias na rede cognitiva do indivíduo. Também pode diminuir as ideias conflitantes dentro do mesmo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Diante desse contexto, neste trabalho será apresentada uma proposta de ensino de Física para tentar contornar as dificuldades de ensino devido à falta de motivação e de familiaridade da parte do aluno. Buscaremos investigar se a utilização do judô à luz da aprendizagem significativa é um recurso promissor para o ensino de Física, mais especificamente para os assuntos de centro de massa, torque e alavancas. Também é de nosso interesse propor uma metodologia ativa de ensino pautada no uso de recursos audiovisuais eficientes para o professor de Física utilizar.

A metodologia aplicada nesta pesquisa possui características baseadas tanto na abordagem qualitativa como quantitativa, objetivando realizar um enfoque na pesquisa-ação.

A aplicação da proposta visa a intervenção em um grupo de 29 alunos que se voluntariaram de quatro turmas da terceira série do ensino médio de um Colégio da rede privada de ensino da capital de Alagoas. Mais especificamente foram: 5 alunos da turma 3A, 3 alunos da turma 3B, 5 alunos da turma 3C e 16 alunos da turma 3D. Assim, a linguagem deve ser apropriada ao contexto em que os alunos estão inseridos.

Desta forma, foi utilizado o judô para servir de significado para o conhecimento a ser adquirido sobre centro de massa, torque e alavanca. O judô é um esporte de natureza puramente mecânica, onde diversos aspectos desta podem ser aplicados a análise das aplicações de técnicas do judô ou mesmo na dinâmica das competições. Há poucos trabalhos que utilizam o judô como material de auxílio no ensino de Física, a maioria dos trabalhos acerca do judô na comunidade acadêmica estão relacionados a condicionamento físico dos atletas, porém no livro *Judô: Desempenho Competitivo*, o autor Franchini (2001) aponta certos trabalhos acerca de condicionamento físico dos atletas de judô e há um capítulo dedicado a tópicos da Física que podem ser identificados no judô. Porém a discussão no livro não tem a finalidade de ensino, portanto, a linguagem não é própria para transferir para a sala de aula de ensino médio, assim, iniciamos nosso trabalho de proposta de ensino de Física utilizando vídeos de judô à luz da teoria da aprendizagem significativa.

Neste trabalho, abordaremos, no segundo capítulo, a fundamentação teórica para situar o leitor com as teorias de ensino envolvidas, isto é, a aprendizagem significativa e a sala de aula invertida, uma metodologia ativa. Posteriormente, no capítulo três, mostramos os conteúdos de Física que serão abordados e como ele pode ser relacionado à aspectos do Judô e principalmente como ele pode ser

explicado utilizando algumas técnicas de Judô. Na sequência, no capítulo quatro, apresentamos de forma sucinta a produção da proposta, sendo dividida em cinco momentos, contendo pré-testes e pós-testes, além da produção e divulgação de um videoaula e encontros presenciais, ainda foi descrita a aplicação da atividade e as análises qualitativas e quantitativas dos testes. Por fim, apresentamos algumas considerações finais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo abordaremos tópicos dos estudos do uso de materiais audiovisuais como auxílio para o ensino pela aprendizagem significativa de Ausubel. Também serão apresentadas as características relevantes para o trabalho acerca da sala de aula invertida, um tipo de metodologia ativa.

### 2.1 A aprendizagem significativa

A aprendizagem não está restrita à sala de aula e também às interações de aluno-professor, o indivíduo está em constante processo de aprendizagem quando interage com o meio em que está inserido. A aprendizagem nem sempre é intencional, pois o processo de amadurecimento também está inserido neste contexto. Porém não é toda mudança que pode ser classificada como aprendizagem, pois mudanças temporárias de hábitos que são vinculadas às situações como doenças, fome ou fadiga são excluídas da definição de aprendizagem.

As teorias da aprendizagem tentam classificar os tipos de aprendizagem e tentam desenvolver métodos para que o processo ensino-aprendizagem seja mais efetivo de forma rápida e de efeitos duradouros. Dentre as muitas teorias criadas sobre os tipos de processos de ensino-aprendizagem, nos atentaremos à teoria do psicólogo David Ausubel sobre a aprendizagem significativa.

#### 2.1.1 Teoria da aprendizagem significativa

Essa teoria batizada pelo próprio autor, David Ausubel, descreve uma forma de aprendizagem baseada na teoria construtivista do conhecimento, onde o conhecimento a ser aprendido estará ligado diretamente a um significado já presente no indivíduo (AUSUBEL, 1968; AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Para descrever essa teoria, o autor parte do princípio de que o indivíduo tem uma estrutura cognitiva interna arquitetada hierarquicamente, onde os conhecimentos se interligam e se completam nessa rede. O novo conhecimento a ser adquirido pelo indivíduo vai ser vinculado a um conhecimento prévio já existente no mesmo, que lhe servirá de suporte. Este processo, Ausubel procurou batizar de ancoragem. O psicólogo afirma que "O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o

aprendiz já sabe. Averígue isso e ensine-o de acordo" (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Nesta teoria, o conhecimento de mundo do indivíduo que serve como conhecimento prévio. O indivíduo já deve ter algum conhecimento acerca de algum mecanismo ou proposição para que o novo conhecimento a ser adquirido tome significado usando como base o conhecimento prévio e este conhecimento adquirido tome uma forma única e subjetiva vinculada à ideia anterior, modificando a forma com o qual o indivíduo a via, seja reforçando ou desconstruindo-a e reconstruindo de outra forma. A teoria tem como foco principal o mecanismo com a qual o conhecimento se estrutura no processo cognitivo humano.

A aprendizagem significativa se baseia na interação de uma informação com a estrutura cognitiva, ao qual a informação se relaciona com os aspectos relevantes da estrutura, isto é, com ideias, proposições e outros conceitos já firmados no indivíduo, portanto, estes já estão claros e com significados prontos na rede cognitiva. Estes servem de âncora para a fixação da nova informação a ser firmada e significada.

Quando o conhecimento novo não é precedido por um conhecimento prévio, o processo de ancoragem não ocorre, por tanto esta informação não é aprendida de forma significativa, mas sim de forma mecânica. Na forma de aprendizagem mecânica, a nova informação é aprendida praticamente sem interagir com outras informações já contidas na estrutura cognitiva do indivíduo, essa é aprendida de forma literal e de maneira arbitrária. Apesar de Ausubel (2000) estudar a aprendizagem significativa, ele não desmerece a aprendizagem mecânica e nem a considera oposta à significativa, muito pelo contrário; para ele, as duas formas se completam no processo de aprendizagem, pois a informação aprendida de forma mecânica um dia deverá servir de conhecimento prévio para outra informação e a rede de conhecimento na estrutura cognitiva aos poucos se completam e se interligam, de forma que um conhecimento prévio pode ser alterado de forma destrutiva quando uma nova informação é aprendida, ligando a informação antiga com uma outra informação inicialmente não relacionada.

As ideias que servem de âncora para o conhecimento a ser adquirido são chamadas de *subsunçores*, segundo Ausubel (1968). Por vezes, o aluno não está com o *subsunçor* ativado para servir de âncora para o conhecimento a ser adquirido. Cabe ao professor, identificar qual *subsunçor* está presente no aluno e estimulá-lo a utilizar este para a fixação de novos conhecimentos. Para tal, o professor deve conhecer o

aluno e ser capaz de interagir com ele de forma a estimular subjetivamente *subsunçores* capazes de propiciar o processo ensino-aprendizagem mais efetivo o possível.

Porém o assunto nem sempre é exposto ao aluno pelo professor, caracterizando a aprendizagem significativa por recepção, em alguns casos o aluno descobre por si ou é situado numa situação-problema para tomar conhecimento de algo novo sem que este conhecimento seja dado de forma expositiva. Este tipo de aprendizagem é definido como por descoberta. Este não é um processo rápido, embora em algumas situações possa ser mais eficaz. Ausubel (2000) defende que a relação custo-benefício deste processo não é viável pois o aluno demoraria muito mais tempo do que seu tempo escolar para adquirir todo o conhecimento necessário, então, para ele, a aprendizagem por recepção é indispensável, mas a aprendizagem por descoberta pode ser usada como recurso para apoio didático.

Moreira (1982) diz que o conhecimento adquirido por recepção e por descoberta podem se superpor, uma vez que um tipo de conhecimento pode ser usado como base para outro. Ausubel (1968) considera que os dois tipos de aprendizagem (por recepção e por descoberta) estão contidas dentro da rede cognitiva de construção do conhecimento que é constituída basicamente pelos conhecimentos dados pela aprendizagem significativa e mecânica. Assim, podemos ter qualquer combinação, isto é, a aprendizagem por recepção pode gerar uma aprendizagem mecânica ou significativa, assim como a aprendizagem por descoberta também tem a mesma capacidade.

Novak trouxe ideias para complementar a teoria de Ausubel, pois sua teoria foi muito criticada por enfatizar conceitos e se preocupar quase inteiramente com eles, dando foco a conteúdos acadêmicos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; NOVAK, 1981, 1998). Na tentativa de valorizar outras dimensões do conhecimento, Novak acrescentou aspectos de domínios afetivos. Esses domínios deram à teoria um aspecto mais humano, pois para Novak, o sentimento positivo e uma boa experiência sobre o processo de ensino a facilitam. Para ele, o ensino é um processo de engrandecimento humano e deve se concentrar em muito mais do que apenas o pensamento do indivíduo, este agora pensa, sente e age.

Segundo Salvador (2000), há diversas vantagens no processo de aprendizagem significativa, como que (i) os conhecimentos adquiridos no processo de aprendizagem significativa ficam retidos por mais tempo pois ficam enraizadas e

ancoradas pelos *subsunçores*; (ii) quando a nova informação é adquirida e altera a informação prévia, facilita o processo de assimilação de novas informações e pode gerar conexões com ideias antes não ligadas; (iii) as informações que foram assimiladas de forma significativa, quando esquecidas, ainda deixam efeitos residuais facilitando a sua reaprendizagem; e (iv) a informação aprendida de forma significativa pode ser usada como conhecimento prévio, e portanto como âncora, para diversas outras formas de conhecimentos em diversas outras áreas.

As escolas ainda utilizam, quase em sua totalidade, aulas expositivas. Apesar das diversas teorias de aprendizagem que são praticamente ou inteiramente opostas à teoria tradicional, que visa o professor como detentor do conhecimento e as aulas ministradas apenas de forma expositiva, Ausubel não desmerece a aprendizagem por recepção, pois esta pode ser de forma significativa e pode servir como base para uma aprendizagem significativa. Porém ele defende que este conhecimento deve ser transmitido de uma maneira específica para que sirva de maneira significativa.

Desta forma, podemos citar que para que um conhecimento por recepção tenha uma aprendizagem significativa, é necessário que o professor consiga encontrar um material (que seja potencialmente significativo) e que consiga utilizar este para ligar a *subsunçores* ativos na rede cognitiva do aluno. Por vezes, será necessário ativar este *subsunçor*. Outro aspecto importante é que o assunto a ser trabalhado pode apresentar contradições entre o *subsunçor* e a ideia a ser adquirida, portanto cabe ao professor encontrar a melhor forma de conduzir o processo ensino-aprendizagem na direção desejada para que o resultado desejado seja alcançado, seja desconstruir um conhecimento e construir outro ou que haja uma nova ligação do novo conhecimento firmada no conhecimento prévio.

Em suma, o processo de aprendizagem significativa consiste em aprender atribuindo um significado ou um sentido. A aprendizagem significativa utiliza sempre conhecimentos, conceitos e ideias previamente estabelecidas na rede cognitiva do indivíduo para usar como base, isto forma uma rede cognitiva mais estável e, portanto, a informação fica mais tempo disponível para ser lembrada pelo indivíduo.

Para Moreira, Sousa e Silveira (1982), para que haja uma aprendizagem significativa, é preciso alguns critérios sejam seguidos, podemos apontar três: a não arbitrariedade do material, a substantividade e a disponibilidade do indivíduo para a aprendizagem significativa.

Se entende pela não arbitrariedade do material escolhido, quando o material potencialmente significativo escolhido para o indivíduo se relaciona de forma não arbitrária com os conceitos relevantes pré-existentes no mesmo, isto é, o material é escolhido de forma a atingir uma certa área da estrutura cognitiva e interagir de uma forma quase pré-determinada. Para Ausubel (2000), um material é potencialmente significativo quando interage com o indivíduo e este tem capacidade de assimilar o conhecimento, portanto deve estar dentro da capacidade do ser humano de aprender.

Quando um conceito ou proposição é aprendida de forma significativa, então o conhecimento adquirido absorve a essência do conceito ou preposição e o dá um sentido. Assim a substantividade é essencial, pois diferentes discursos, proposições ou símbolos referentes a mesma ideia, isto é, os que são equivalentes em essência, resultarão no mesmo conhecimento aprendido significativamente.

Mas devido as contribuições de Novak, que amplia a teoria de Ausubel atribuindo um caráter mais humanista quando leva em consideração de que o indivíduo sente, pensa e age (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). A disponibilidade do indivíduo para a aprendizagem significativa é tida quando se desperta o interesse do indivíduo para aprender certo assunto, levando-o a dar um sentido ao conhecimento adquirido, não apenas aprender de forma mecânica.

Um dos instrumentos mais utilizados para se utilizar como *subsunçores*, é o recurso audiovisual, o vídeo. Devido a diversos fatores, como comodidade aos alunos, demonstração dinâmica e a acessibilidade rápida devido as tecnologias de mobilidade de hoje em dia. Na próxima seção, apresentaremos discussões acerca do uso de materiais audiovisuais para o ensino pautado na aprendizagem significativa.

### 2.1.2 Uso de materiais audiovisuais na aprendizagem significativa

O uso de vídeos em sala de aula pode servir como ativadores de ideias bases para servirem de *subsunçores* ou mesmo para construir um novo conhecimento mais rapidamente para que este sirva de *subsunçor* atribuindo um significado e sentido à um conhecimento a ser ensinado de forma significativa. A utilização de vídeos envolve mostrar e informar por meio de imagens e sons dos mais diversos, agregando disponibilidade de tempo e disposição para apreciar, segundo Santos e Kloss (2010). Portanto, a inserção de vídeos na sala de aula traz situações confortáveis aos alunos que despertam seus interesses sobre o assunto abordado no vídeo além de poupar,

por vezes, um tempo considerável diante do pré-estabelecido para a aula, que poderia ser muito maior para descrever ou motivar os alunos apenas com palavras ou texto escrito.

O vídeo em sala de aula acaba trazendo, de forma implícita, uma sensação aos alunos de comodidade devido à semelhança com o instrumento de televisão em casa ou vídeos de mídias sociais via internet, podendo assim despertar interesse por desviar do método tradicional de aulas expositivas. Assim como Moran (1995), que também aponta que mídia passa para a sala de aula um contexto de lazer e de entretenimento.

Alguns autores ressaltam que os vídeos e filmes são detentores de forte apelo emocional e podem servir como motivadores para um assunto a ser abordado pelo professor (MORAN, 1995; MORAN; MASETTO; BEHRENS, 2012; ROSA, 2000; SANTOS; AQUINO, 2011). Os recursos audiovisuais são instrumentos muito ricos em informação, é preciso ter consciência de que nem sempre a utilização destes recursos pode auxiliar a atingir o resultado esperado pelo planejamento de ensino.

Quando alguém assiste um filme, assimila muitas informações do enredo e se envolve emocionalmente, as informações só serão assimiladas devido ao interesse despertado no filme para que a pessoa continue assistindo. Tendo isso em vista, podemos dizer que os instrumentos audiovisuais podem nos influenciar a interpretar muitas informações e por vezes de formas simultâneas, mas serão captadas apenas as informações que de alguma forma se relacionam conosco ou nos identificamos, segundo Gutierrez (1978), logo é preciso que a escolha desse material seja muito cuidadosa e levar em consideração de que pode haver desvios de interpretação da parte dos alunos, estes podem criar ideias sobre as informações captadas que desviam em muito das ideias esperadas no planejamento ou mesmo diferem das ideias contidas na produção do material audiovisual.

A escolha do material audiovisual a ser utilizado para a aprendizagem significativa deve ser cuidadosa, pois deve ser um material potencialmente significativo, que desperte o interesse dos alunos alvo, além de conter uma linguagem apropriada para o contexto sociocultural dos alunos e também poder relacionar de forma clara e objetiva o assunto dado com as ideais bases que este material deve estimular dentro da rede cognitiva do aluno. Deste modo, o vídeo não pode conter informações arbitrárias que não auxiliarão no processo ensino-aprendizagem, o material deve ser capaz de fazer conexões substantivas, objetivas e diretas com os

conhecimentos já adquiridos pelo aluno, para que essas ideias sejam ativadas para o processo de ancoragem. Os materiais audiovisuais podem apresentar estes requisitos, mas para tal, o professor deve possuir clareza e capacidade de transmitir essa mensagem sem possibilidade de desvio no processo de apresentação do material para que as conexões sejam claras.

Rosa (2000) afirma que os indivíduos que não tem conhecimentos prévios que possam servir como *subsunçores* para o assunto a ser ensinado, podem encontrar informações no vídeo e a partir destas, formar novos conhecimentos para servirem de *subsunçores* atribuindo um significado ao conhecimento que lhes serão ensinados posteriormente. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) também afirmam que organizadores expositivos (como vídeos) podem auxiliar a aprendizagem do novo conhecimento usando como base algumas ideias na rede cognitiva do indivíduo e também pode diminuir as ideias conflitantes dentro do mesmo.

Além da aprendizagem significativa, estamos interessados em uma metodologia que torne o aluno mais independente, assim trabalharemos com uma metodologia ativa de ensino. Optamos pela sala de aula invertida, que será discutida na próxima seção.

## 2.2 Um pouco de história das metodologias ativas

Analisando historicamente é interessante observar que na Grécia no tempo de Sócrates já se utilizava o método ativo de aprendizagem, que era praticado através do método do questionamento (diálogo ativo). Dessa forma fazia com que seus interlocutores refletissem sobre esses questionamentos, e assim não dando diretamente as respostas das questões que eram dialogadas entre eles. (MATTAR 2017).

Dessa maneira os filósofos concentravam seu discurso maiêutico como um percurso para promover o raciocínio que busca uma resposta ativa com quem ele debatia. Assim, proporcionando aos discípulos um ensino de forma indireta e autônoma.

Contudo cabe ao docente fazer as perguntas corretas para desenvolver ao máximo o saber dos estudantes. “Não fornecendo ao aprendiz a resposta, mas sim, com outras perguntas, extrai do próprio discente o saber correto.” (MATTAR, 2017, p.14). Por tanto, os estudantes buscam uma resposta através de um raciocínio

elaborado e não apenas sendo reprodutores de respostas simplesmente memorizadas.

Comênio no século XVII defendia um ensino que tinha como objetivo uma aprendizagem baseada na experiência pessoal. “O verdadeiro método de formar adequadamente os espíritos consiste precisamente em que, primeiro, as coisas sejam apresentadas aos sentidos externos, aos quais impressionam imediatamente”. (COMÊNIO,1996). Dessa forma para que ocorra uma aprendizagem ativa deve-se em primeiro lugar valorizar as experiências pessoais de cada estudante.

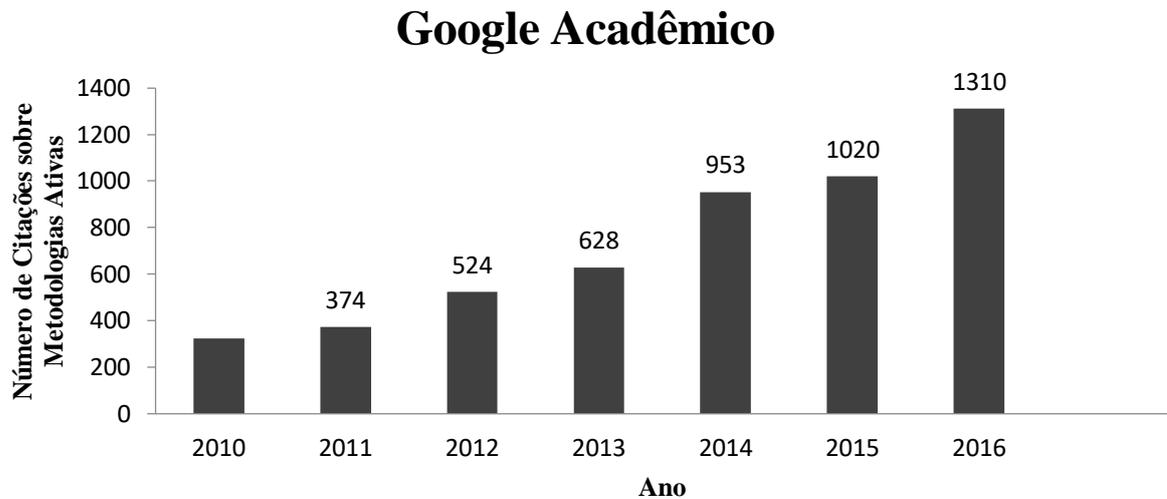
John Dewey em 1987 descrevia que “O aspecto ativo precede ao passivo no desenvolvimento da natureza da criança; a expressão tem lugar antes que a impressão consciente” (DEWEY, 1979, p.62). Assim para que ocorra o desenvolvimento ativo na construção do saber, é fundamental que conscientemente os estudantes saiam da passividade na aquisição de novos conhecimentos.

No início do século passado, John Dewey concebeu e colocou em prática a educação baseada no processo ativo de busca de conhecimento pelo estudante, que deveria exercer sua liberdade. (DEWEY, 1994).

No Brasil Paulo Freire era crítico de uma educação que ele denominava de “ensino bancário”, devido à escola transformar os estudantes em indivíduos passivos e memorizadores de conteúdos durante o processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma defendia que os mesmos não fossem meros acumuladores de conteúdo e que tivessem autonomia no desenvolvimento da sua aprendizagem. (FREIRE, 2018).

Nos dias atuais as metodologias ativas estão cada vez mais sendo pesquisadas e aplicadas em diversos ambientes educacionais, desde o ensino fundamental, médio, superior, e principalmente na educação à distância. “Pode-se dizer, portanto, que a expressão está na moda, como já estiveram – ou ainda estão – construtivismo, TICs, inovação, protagonismo e gamificação. ” (MATTAR, 2017, p.20).

O gráfico abaixo mostra como esse termo cada vez mais está sendo buscado em sites de pesquisa acadêmica como, por exemplo, no Google acadêmico:

**Gráfico 1** – Pesquisa sobre o termo Metodologias Ativas no Google Acadêmico

Fonte: (MATTAR, 2017)

### 2.3 Sala de aula invertida, uma metodologia ativa

Com a crescente modernização e a maior facilidade ao acesso à tecnologia, novas metodologias de ensino surgiram. Para Freire (2015), “ensinar não é apenas transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua própria produção e construção”, assim surgiram metodologias em que o aluno não é mais um ser passivo onde o professor expõe os conhecimentos para uma aprendizagem tradicional, mas a perspectiva é tornar o aluno um ser ativo no processo de ensino-aprendizagem. Nesse contexto, a metodologia ativa de ensino – que é quase de forma antagônica em relação ao método tradicional que assume o papel do professor como detentor do conhecimento – propõe que o aluno seja responsável pela própria construção de seu conhecimento, onde ele passa a tomar consciência da importância de seu papel em seu processo de aprendizagem.

Camargo e Daros (2018) afirmam que os estudantes deixam de ser agentes passivos, se tornando agentes ativos no processo de aprendizagem pela metodologia ativa, que são um conjunto de atividades organizadas construídas com intencionalidade educativa. Contudo, segundo Mattar (2017), agora que os alunos são autônomos em seu estudo, o papel do professor é de mediador do processo de ensino. Dessa forma, o professor apenas auxilia a construção do conhecimento e não mais

impõe o conhecimento de forma expositiva somente, como defendido pelo método tradicional.

A sala de aula invertida (em inglês *Flipped Classroom*) assume a inversão de partida do conhecimento na sala de aula. Embora o nome sugira, não há alteração nos materiais estruturais da sala de aula. Segundo Touró, Santiago e Díez (2014), a sala de aula invertida “é a aula que modifica o modelo de ensino tradicional, distribuindo os conteúdos de aprendizagem online e trazendo as tarefas para a sala”. Na sala de aula invertida, é permitido e incentivado ao aluno estudar um assunto novo em um horário extracurricular, assim, é preciso que o professor disponibilize e construa materiais que permitam o estudo do aluno em outro ambiente que não seja na sala de aula. Assim como as ideias apresentadas por Freire (2015), o aluno passa, nesse contexto, a assumir um papel autônomo em seu processo de aprendizagem, pois o mesmo atua de forma isolada e própria na construção de seu conhecimento.

Muitas vezes o material que o aluno tem acesso prévio às aulas é de natureza digital, como plataformas virtuais de aprendizagem, sites de conteúdo, de exibição de vídeos ou simuladores. Bergmann e Sams (2016) afirmam que “o que tradicionalmente é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que tradicionalmente é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula”.

Após o momento de estudo extracurricular, é natural surgirem dúvidas e tendência a ampliar o conhecimento, portanto, a presença do professor e o ambiente escolar com os outros alunos em sala de aula é indispensável para completar o processo de ensino-aprendizagem. Desta forma, o professor não é um integrante de papel ausente nessa metodologia, pois além da construção e disponibilidade do material para estudo dos alunos fora da sala de aula, o mesmo em sala de aula também atua como mediador e orientador dos conhecimentos criados pelos alunos. Assim, cabe ao professor reforçar os conhecimentos, corrigir alguns conhecimentos mal construídos e auxiliar no entendimento pleno dos assuntos.

A utilização da sala de aula invertida traz benefícios ao aluno, tais como a organização pessoal de seu cronograma horário, visto que ele necessita organizar seus horários de estudos extraclasse. Um outro benefício é a autonomia atribuída ao aluno, pois ao levá-lo à situação em que este necessita estudar um assunto novo por conta própria, leva a autonomia de formação acadêmica para ser capaz de buscar estudar assuntos extracurriculares e auxilia na formação de pesquisadores acadêmicos. Outra vantagem a ser citada é a alteração na monotonia do aluno,

podendo evitar o tédio ou desinteresse do mesmo pelos estudos e presença em sala de aula.

Tendo em vista a teoria de aprendizagem significativa e a sala de aula invertida, será apresentado na próxima sessão os assuntos de Física tratados no presente trabalho, para utilizar materiais audiovisuais disponíveis previamente aos alunos para o ensino de Física; a apresentação deste tópico será a construção dos assuntos de Física vinculadas aos aspectos fisiológicos de atletas de judô e aplicações de técnicas na prática do esporte. É importante ter em mente que as técnicas do judô citadas são efetuadas por atletas e com segurança, também é importante transmitir essa ideia aos alunos cujo o professor que deseja usar o judô para a prática de ensino de Física. As técnicas citadas podem ser perigosas se não feitas com cuidado.

#### 2.4 Tópicos de Física no Judô

O judô é um esporte de contato direto entre os competidores e nesse esporte as pontuações são dadas pelas execuções de técnicas de projeções (*Nage-waza*) quando a luta ocorre em pé ou imobilizações (*Osaekomi-waza*), chaves de braço (*Kansetsu-waza*) e estrangulamentos (*Shime-waza*) quando a luta é levada ao solo. Nas técnicas de projeção (*Nage-waza*), dois aspectos da mecânica muito importantes para uma boa execução das técnicas é o centro de massa e o torque aplicado para rotação do competidor adversário; já nas técnicas de chave de braço (*Kansetsu-waza*), a aplicação da força de forma mais efetiva se dá pela analogia direta de uma alavanca mecânica. Trataremos neste capítulo os tópicos de centro de massa, torque e equilíbrio de um corpo extenso vinculados diretamente à aspectos do judô.

Um ser humano na posição ereta e em pé se mantém em equilíbrio quando o seu centro de massa está dentro da região correspondente à área da base entre os seus pés, sua base de apoio. Segundo Mochizuki e Amadio (2003), o controle postural é uma mecânica complexa que o corpo do ser humano desenvolve de forma inconsciente e tão complexo quanto o controle de movimentos. Eles apontam que os estudos de equilíbrio corporal podem ser estudados por duas importantes grandezas, o centro de massa e o centro de pressão. O centro de massa corresponde ao ponto na região do espaço onde representaria o sistema se toda a sua massa localizasse naquele ponto e as forças externas aplicas no mesmo, já o centro de pressão

corresponde o ponto na região do apoio onde corresponderia a resultante das forças aplicadas no apoio.

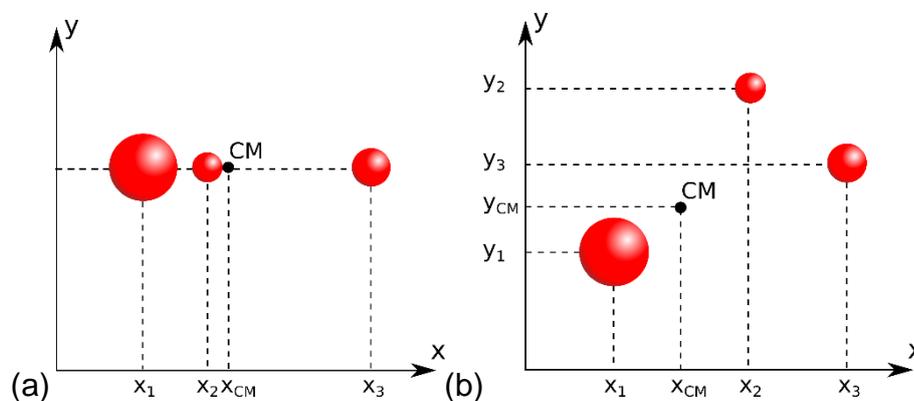
No caso em que o ser humano precisa se levantar de uma cadeira ou banco que esteja, é preciso primeiramente deslocar seu tronco para frente ou colocar seus pés para trás para colocar o centro de massa desse sobre a área da base entre os seus pés. De outro modo, o ato de se levantar se torna um ato com demasiado esforço e na maioria dos casos, impossível. Isto devido ao quanto o centro de pressão consegue efetuar um torque suficiente para aguentar levantar o corpo.

O centro de massa (CM) em sistemas de partículas pode ser calculado por uma média ponderada das posições das massas, onde os pesos da média são suas massas respectivas (HALLIDAY et al. 2011), tendo como exemplo, o que está apresentado na Figura 1. Desta forma, a equação para calcular uma componente do centro de massa de um sistema de N partículas é

$$x_{CM} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_Nx_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N} \quad (01)$$

e de forma análoga, as demais coordenadas espaciais (y e z) do centro massa também podem ser calculadas por médias ponderadas. A partir da análise de (01) é possível ver que se uma massa do grupo de partículas for infinitamente maior que as demais, a posição do centro de massa será aproximadamente a posição desta massa, visto que a contribuição das demais é desprezível frente a esta massa.

**Figura 1** – Disposição de três partículas de massas diferentes numa reta (a) e em um plano (b), com seus respectivos centros de massa (CM).

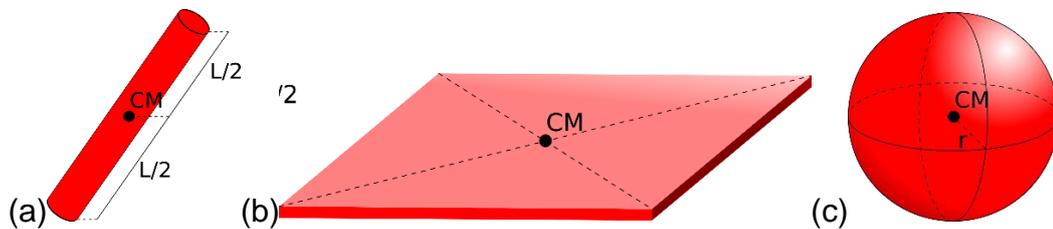


Fonte: Autor, 2019.

Já para corpos rígidos, o cálculo não é discretizado em massas isoladas no espaço, é preciso um tratamento muito mais formal, porém para corpos com massas distribuídas uniformemente, isto é, de densidade de massa constante, o centro de massa corresponde ao centro geométrico do corpo, assim os casos mais simples são os apresentados na Figura 2, onde a posição do centro de massa corresponde ao ponto exatamente na metade da barra na Figura 2 (a), ao encontro das diagonais da placa na Figura 2 (b) e o centro da esfera Figura 2 (c).

Se a força resultante (a soma de todas as ações das forças atuando em um objeto) atuasse no centro de massa do objeto, o efeito de translação seria o mesmo (HALLIDAY et al. 2011).

**Figura 2** – Representação gráfica de uma barra com densidade linear de massa constante (a), uma placa com densidade superficial de massa constante (b) e uma esfera de densidade volumétrica de massa constante (c). Todos representados com seus respectivos centros de massa (CM).



Fonte: Autor, 2019.

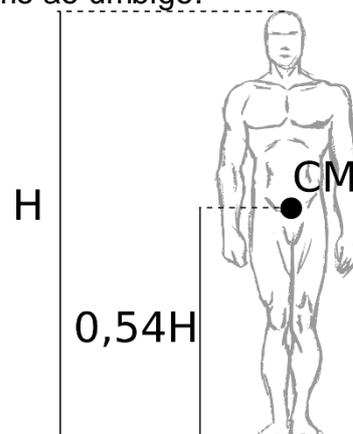
Mas em questão de equilíbrio estático, ao sentar em um banco ou cadeira com pés ou piso desnivelado, sempre procuramos por mais peso de um lado para forçar o equilíbrio ou buscamos sentar de forma que o centro de massa esteja na linha entre os dois pés da cadeira em contato com o piso. Desta forma, há um equilíbrio instável e é semelhante à competição de equilíbrio dado pelo centro de massa e o centro de pressão (MOCHIZUKI; AMADIO, 2003).

O centro de massa para o corpo humano é uma área muito estudada em fisiologia, mais especificamente na ergonomia, onde todos os aspectos geométricos e concentração de gordura no corpo podem alterar. Para exemplificar, quando uma pessoa engorda, normalmente o seu centro de massa fica mais elevado, pois quando se engorda não é possível garantir que todas as regiões do corpo ganhem massa de forma uniforme e proporcional, assim como o aumento de tecido adiposo, rico em

gordura, em regiões localizadas pode deslocar o centro de massa por contrastar com regiões onde há uma densidade maior de tecido muscular, visto que a densidade de massa do tecido muscular é muito maior que o tecido adiposo. Em estudos apresentados por Franchini (2001), os atletas de judô apresentam porcentagens diferentes de taxa de gorduras em cada faixa de peso separada por categoria, sendo que as categorias de faixa de peso com menor massa contêm as menores taxas de gordura, assim, a distribuição de centro de massa para cada faixa de peso é diferente, porém para atletas com pesos próximos não há tanta variação. Os atletas de judô normalmente treinam e competem com outros que contêm centro de massa em alturas semelhantes (portanto pesos semelhantes e estaturas semelhantes), para manter as lutas de forma mais igualitária.

O cálculo e estudo do centro de massa no corpo humano pode ser complexo pela grande quantidade de fatores que alteram a posição dele, mas normalmente o centro de massa de um ser humano nos padrões normais de estatura e peso corresponde a cerca de 54% do valor de sua estatura medido a partir de seu ponto de apoio (Figura 3). Assim, a localização do centro de massa corresponde a região abdominal, podendo oscilar nesta região devido ao movimento corporal, alterando a distribuição de massa do espaço.

**Figura 3** – Representação simplificada do corpo humano e seu respectivo centro de massa (CM) localizado próximo ao umbigo.



Fonte: Autor, 2019.

No judô e em qualquer esporte onde há uma movimentação dos membros e também a rotação do corpo, a distribuição de massa no espaço pode alterar muito rapidamente, isto ocasiona um desvio do centro de massa e por consequência o corpo

deve tentar se reorganizar para manter o equilíbrio pois se o centro de massa do ser humano ficar fora da região da sua base dada pela área entre seus pés, o corpo tende a tombar. Ao tentar se equilibrar novamente, mais um movimento é feito alterando a distribuição espacial da massa do corpo, modificando novamente o centro de massa. Esse sistema complexo de equilíbrio corporal estudado por Mochizuki e Amadio (2003) se dá de forma quase inconsciente e o equilíbrio entre as oscilações do centro de massa com o centro de pressão é que permite o equilíbrio corporal. Mas para o judô, o equilíbrio é um aspecto muito importante, visto que em técnicas de projeção (*Nage-waza*), o objetivo principal é proporcionar o desequilíbrio (*kuzushi*) do adversário para a aplicação efetiva da técnica. Segundo Adrian e Cooper (1989) é justamente por mover o centro de massa do adversário para fora de sua base de sustentação que ocorre o desequilíbrio (*kuzushi*) e a técnica pode ser feita com eficiência. O desequilíbrio do adversário é um dos princípios do Judô deixados por Jigoro Kano, fundador do judô, onde ele dizia para utilizar o melhor uso de energia para a eficiência máxima: *Seiryuoku Zenio*.

Para que haja o desequilíbrio do adversário, é preciso que o corpo deste seja sujeito a uma rotação para movimentar seu centro de massa para fora de sua base de sustentação, portanto é preciso uma aplicação de uma força que efetue um torque sobre o corpo do adversário. Além da pegada (*kumi-kata*) que proporciona, devido à puxada, uma força na tentativa de desequilibrar (*kuzushi*), a força aplicada pelo quadril é a mais comumente usada pelos atletas das técnicas de projeção (*Nage-waza*).

O torque, também chamado de momento da força, é uma grandeza Física responsável por descrever a ação ou tendência de uma força rotacionar um corpo em relação a um certo ponto (HALLIDAY et al. 2011). Sempre que houver uma velocidade de rotação que mude no tempo, isto é, o corpo não está em equilíbrio rotacional (entende-se como equilíbrio rotacional quando o vetor da aceleração angular nulo), há um torque resultante. O torque  $\vec{\tau}$ , como apresentado na Figura 4, é definido por Halliday et al (2011) pelo seguinte produto vetorial (ou produto externo):

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}, \quad (02)$$

onde  $\vec{F}$  é o vetor força aplicada e  $\vec{r}$  é o vetor braço (a priori podendo ser medido de um referencial arbitrário, é tomado aqui a partir do ponto de rotação até onde a força atua). A direção do toque é a direção perpendicular ao plano formado entre  $\vec{r}$  e  $\vec{F}$  (no

exemplo da Figura 4, a direção do torque é perpendicular ao plano da folha), o seu sentido pode ser indicado pela regra conhecida como “regra da mão direita” ou pode ser deduzido pela expressão expandida da equação (02) em coordenadas cartesianas (no exemplo apresentado na Figura 4, o sentido é para fora do plano da folha). O módulo do torque pode ser mais facilmente calculado utilizando

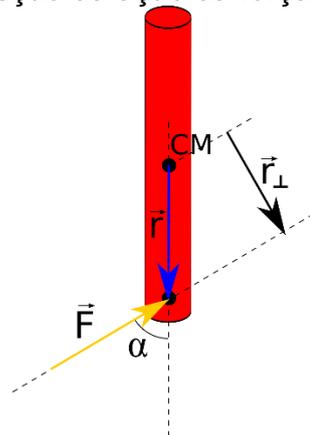
$$|\vec{\tau}| = |\vec{F}||\vec{r}| \text{sen}(\alpha), \quad (03)$$

onde  $|\vec{F}|$  é o módulo de  $\vec{F}$ ,  $|\vec{r}|$  o módulo de  $\vec{r}$  e  $\alpha$  é o menor ângulo formado entre os dois vetores (o ângulo também foi apresentado na Figura 4). É possível escrever a equação (03) como

$$|\vec{\tau}| = |\vec{F}||\vec{r}_{\perp}|, \quad (04)$$

onde  $|\vec{r}_{\perp}|$  é a distância perpendicular entre o ponto referência e a direção da força e é equivalente à  $|\vec{r}| \text{sen}(\alpha)$ , a projeção de  $|\vec{r}|$ , assim como está apresentado na Figura 4 pelo vetor deslocado à direita.

**Figura 4** – Ação de uma força  $\vec{F}$  atuando em uma barra a uma distância  $\vec{r}$  do eixo de rotação da mesma em seu centro de massa. Está representado na seta deslocada o vetor braço perpendicular à direção da ação da força  $\vec{r}_{\perp}$ .



Fonte: Autor, 2019

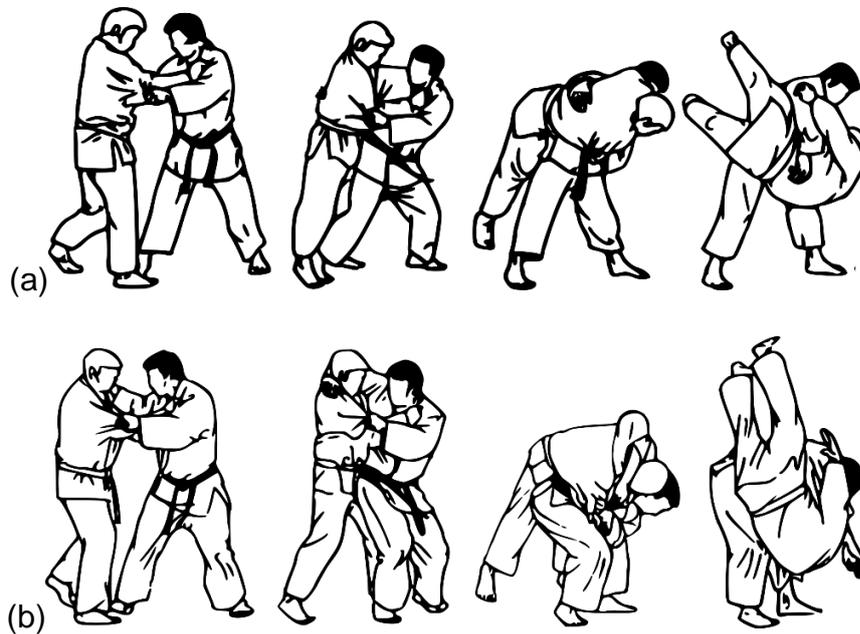
O torque atua no movimento rotacional assim como a força atua no movimento translacional, quanto maior a força resultante, maior a aceleração proporcionada ao corpo, assim como quanto maior o torque, maior a aceleração angular proporcionada ao corpo (HALLIDAY et al. 2011). Por consequência, se quando a força resultante é nula não há aceleração resultante, quando o torque é nulo não há aceleração angular

resultante. Quando desejamos abrir ou fechar uma porta, utilizamos a grandeza torque para efetuar o movimento, a explicação de se colocar a maçaneta da porta no lado oposto às dobradiças é simplesmente para diminuir a força necessária para efetuar o mesmo torque necessário para abrir ou fechar a porta. Se a maçaneta estivesse localizada no centro da porta, a força necessária para abrir ou fechar uma porta seria o dobro da que normalmente utilizamos, visto que os braços de força até as dobradiças seriam diminuídos e para o mesmo torque, a força e o braço são grandezas inversamente proporcionais (HALLIDAY et al. 2011).

No judô, segundo o princípio *Seiryuoku Zenio* deixado por Jigoro Kano, fundador do judô, deve-se buscar ter mínimo esforço para a eficiência máxima; assim, não é preciso utilizar uma força cada vez maior, mas sim que essa força tenha o maior torque possível dentro das restrições do atleta.

Podemos citar duas técnicas de projeção (*Nage-waza*) que utilizam o torque de forma semelhante e como aspecto principal para efetuar o golpe, estas técnicas usam posições diferentes dos braços e estas posições efetuam torques de formas diferentes. Analisaremos, então, a aplicação das técnicas de projeção à luz do torque necessário para efetuar as mesmas; escolhemos as lutas em pé para análise do torque para efetuar rotação devido estas serem mais dinâmicas, ideais para análise dinâmica da Física. As técnicas escolhidas são o *O-goshi* na Figura 5 (a) e o *Koshi-guruma* na Figura 5 (b). A escolha do golpe a ser aplicado durante a luta depende de muitos fatores, como afinidade do atleta com a técnica, posição confortável do braço para ainda efetuar o golpe com a força necessária e a estatura e peso do adversário, onde pode não permitir a aplicação, pois se o adversário for muito baixo o *O-goshi* não é recomendado e quando é muito alto o *Koshi-guruma* não é. Além de momentos durante a luta cujo o judoca decida ser mais apropriado utilizar ou não tal técnica, iremos analisar o caso em que ambas as técnicas têm vantagens iguais em relação às características dos atletas e momentos na luta. Dentre elas, veremos a distribuição de forças e como se dá o torque nela.

**Figura 5** – Representação em quadros da aplicação de técnicas de projeção (*Nage-waza*) do Judô: *O-goshi* (a) e *Koshi-guruma* (b).



Fonte: Adaptado de <http://taihojutsu.be/en/>.

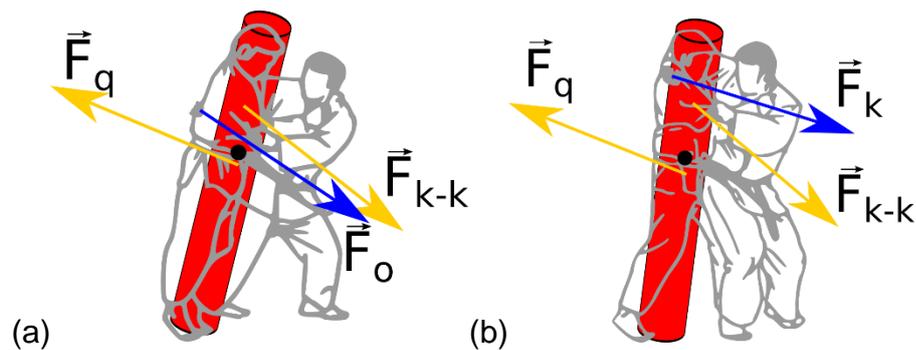
Em ambos os golpes ilustrados na Figura 6, temos três pontos principais de forças que são aplicadas pelo judoca em seu adversário, a primeira é a aplicada pela mão esquerda (pegada padrão do *kumi-kata*)  $\vec{F}_{k-k}$ , a segunda força é a aplicada pelo quadril (principal responsável pela suspensão do adversário)  $\vec{F}_q$  e por último a força feita pela mão direita (posição diferente pra cada golpe)  $\vec{F}_o$  e  $\vec{F}_k$ . As três forças são orientadas de forma a efetuar um torque de mesmo sentido, portanto as três são essenciais para o golpe efetivo. Considerando que para um mesmo atleta, as forças  $\vec{F}_{k-k}$  e  $\vec{F}_q$  não se alteram de uma técnica para a outra, consideraremos as contribuições destas iguais nos dois casos. Veremos, utilizando (04), qual terá o torque maior devido às aplicações de  $\vec{F}_o$  e  $\vec{F}_k$ . Se os módulos de  $\vec{F}_o$  e  $\vec{F}_k$  são iguais

$$\begin{aligned} |\vec{F}_o| &= |\vec{F}_k| \\ |\vec{r}_o| &= |\vec{r}_k| \\ \frac{|\vec{r}_o|}{|\vec{r}_k|} &= \frac{|\vec{r}_k|}{|\vec{r}_k|} \\ \frac{|\vec{r}_o|}{|\vec{r}_k|} &= \frac{|\vec{r}_o|}{|\vec{r}_k|} \end{aligned} \quad (05)$$

então terá maior torque aquele que tiver maior vetor braço perpendicular à direção da força  $\vec{F}_o$  ou  $\vec{F}_k$  a partir do centro de massa do adversário. Desta forma, o *Koshi-guruma*

que tem o ponto de aplicação da força mais longe do centro de massa do oponente do que o *O-goshi*, terá menor força necessária e, portanto, o esforço menor para efetuá-la.

**Figura 6** – Modelo simplificado representativo do centro de massa e das forças sobre o judoca para a aplicação das técnicas de *O-goshi* (a) e *Koshi-guruma* (b).



Fonte: Autor, 2019.

A dimensão do torque é de força vezes comprimento, no sistema internacional de unidade (SI) a unidade é N.m ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ ), ele tem a forma equivalente à unidade de energia (Joule) na forma das unidades básicas:  $J = \text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$  (HALLIDAY et al. 2011). Apesar do torque e energia apresentarem mesma unidade na forma básica, o torque tem natureza vetorial e a energia tem natureza escalar, por isso, eles são, essencialmente, diferentes.

Uma discussão voltada ao princípio *Seiryuoku Zenio*, é que se ambos os golpes podem efetuar o mesmo torque, isto é, um torque mínimo para suspender o adversário e derrubá-lo de forma precisa, então o golpe que mais se enquadra na ideia do *Seiryuoku Zenio* é aquele que exigirá menos esforço do judoca. Apesar da tradução mais comum mencionar o uso mínimo de energia, fisicamente o ato de efetuar o golpe com maior ou menor esforço levará a um mesmo trabalho mecânico resultante. Portanto, trataremos aqui a relação de esforço à força exercida, visto que há mais do que trabalho mecânico envolvido numa ação humana. O esforço também pode ser relacionado à potência efetuada pela ação humana, visto que subir uma ladeira mais rápido ou mais lento transferirá a mesma energia pela força resultante na forma de trabalho, mas o ser humano tende a ficar mais cansado se a ação é feita muito rápido, isto é, com uma potência maior.

Se os torques são os mesmos, o mínimo necessário para a execução completa do golpe, então terá menos esforço aquele que tiver menor força, portanto maior braço perpendicular à direção de ação da força em relação ao centro de massa do adversário. A demonstração dessa ideia pode ser observada partindo da análise de mesmo torque a partir da equação (04):

$$\begin{aligned} |\vec{\tau}_{\min_o}| &= |\vec{\tau}_{\min_k}| \\ |\vec{F}_o| |\vec{r}_o| &= |\vec{F}_k| |\vec{r}_k| \\ \frac{|\vec{F}_o|}{|\vec{F}_k|} &= \frac{|\vec{r}_k|}{|\vec{r}_o|} \end{aligned} \quad (06)$$

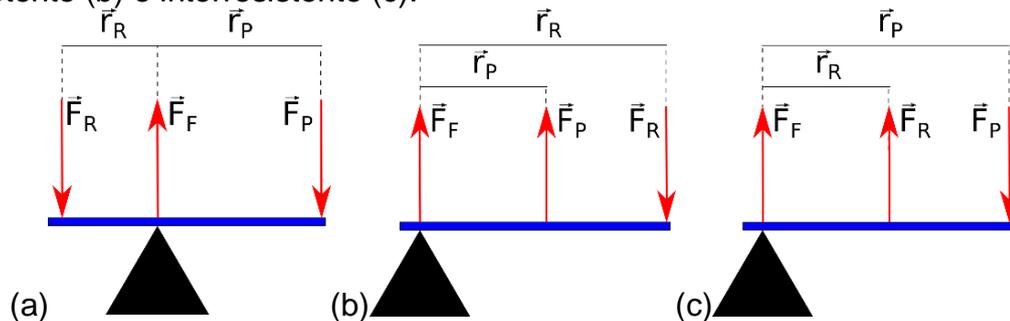
Segundo este resultado, para o mesmo torque, a força e o braço são grandezas inversamente proporcionais. Assim, o golpe que deve exercer menos força para efetuar a técnica completa é o *Koshi-guruma*, pois este tem um maior braço  $\vec{r}_k$ . Ele atua próximo ao ombro do adversário, já o *O-goshi* atua próximo à cintura.

Quando o corpo não é sujeito a um torque resultante, mesmo havendo forças que causam torque sobre ele, este está em equilíbrio rotacional, porém sofre estresse devido aos torques. A análise de equilíbrio de um corpo extenso não se dá apenas pela força resultante nula (equilíbrio translacional), mas também é necessário analisar o torque nulo (equilíbrio rotacional). No estudo de equilíbrio rotacional, um tópico com muitas aplicações no judô é as alavancas. Assim como nas gangorras, nas alavancas sempre há um ponto de apoio, mas no caso das gangorras o objetivo é equilibrar os dois torques para minimizar os efeitos dos pesos dos indivíduos, proporcionando a sensação de leveza e dando a sensação de diversão.

Nas alavancas, o princípio básico é usar um ponto de apoio fixo (onde será feita a força  $\vec{F}_F$ ) para efetuar uma força potente  $\vec{F}_P$  para vencer ou equilibrar a força resistente ao movimento (ou tendência do movimento)  $\vec{F}_R$  (HALLIDAY et al. 2011). Há apenas três tipos de alavancas, ilustradas na Figura 7. A interfixa (Figura 7 (a)) é a alavanca cujo o ponto fixo encontra-se entre as duas forças, um exemplo prático é a gangorra citada anteriormente ou uma tesoura. A alavanca interpotente (Figura 7 (b)) é a alavanca cujo a força potente é feita entre a força resistente e o ponto fixo, assim como as pinças de cílios, que se aperta no meio da mesma para segurar um cílio em uma das extremidades. A interresistente (Figura 7 (c)) é a alavanca cujo a força resistente está entre o ponto fixo e a força de atuação da ação, a força potente, um

exemplo simples é o ato de abrir uma tampinha de metal de uma garrafa de vidro, onde com o abridor, se fixa no meio da tampa e a força para abrir a tampa é posta na extremidade livre para curvar e forçar um lado da tampa que se localiza presa entre o ponto fixo e a extremidade da força potente.

**Figura 7** – Representação simplificada e usual de alavancas do tipo interfixa (a), interpotente (b) e interresistente (c).



Fonte: Autor, 2019.

Como na condição de equilíbrio temos que os torques de todas as forças se anulam em relação ao ponto fixo e a força aplicada no ponto fixo tem braço nulo (ela não exerce torque), então as demais devem ter módulos iguais e sentidos opostos para se anular, assim, usando (04):

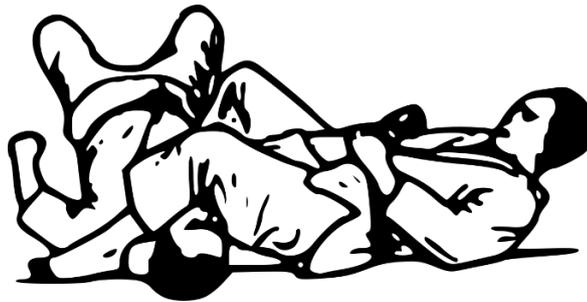
$$\begin{aligned} |\vec{\tau}_P| &= |\vec{\tau}_R| \\ |\vec{F}_P| |\vec{r}_P| &= |\vec{F}_R| |\vec{r}_R| \\ \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_P|} &= \frac{|\vec{r}_P|}{|\vec{r}_R|} \end{aligned} \quad (07)$$

A relação  $|\vec{F}_R|/|\vec{F}_P|$  é chamada de vantagem mecânica. Apesar do nome, só é uma vantagem propriamente dita, quando esta razão é maior que 1; para valores entre 0 e 1, seria uma desvantagem e; quando a razão é 1, não há vantagem nem desvantagem, apenas um redirecionamento da força. Pelas características da alavanca, a vantagem mecânica do tipo de alavanca interpotente (Figura 7 (b)) é menor que 1 (caracterizando uma desvantagem), a do tipo interresistente (Figura 7 (c)) é maior que 1, mas a alavanca interfixa (Figura 7 (a)) pode abranger qualquer valor positivo para a vantagem mecânica.

Para o judô, segundo o princípio *Seiryuoku Zenio*, quando as técnicas do tipo chave de braço (*Kansetsu-waza*) são aplicadas, busca-se uma vantagem mecânica

maior possível para que a chave seja efetiva e o adversário se deixe vencer pela dor. Para demonstrar este processo, usaremos como demonstração a técnica *Ude-hishigi-juji-gatame* (representação na Figura 8), onde usa como base uma alavanca do tipo interresistente para garantir sempre haver uma vantagem mecânica positiva se aplicado corretamente. A escolha deste tipo de técnica em luta de solo se deu pela característica das lutas em solos serem mais lentas, portanto ideais para análise da estática Física das aplicações da técnica. Esta técnica consiste em utilizar as pernas para evitar a movimentação do ombro do adversário e fazer um ponto de apoio para o braço do adversário nas coxas do judoca, puxando o braço pela mão e forçando a região do cotovelo do adversário para que este se deixe perder pela dor.

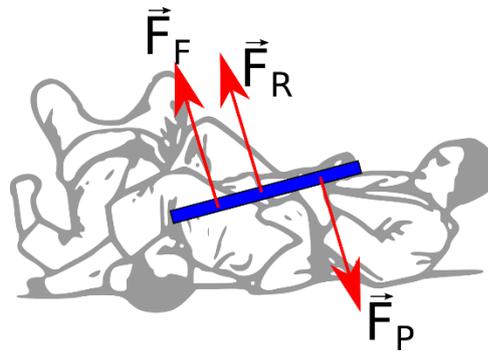
**Figura 8** – Representação da aplicação de uma técnica de chave de braço: *Ude-hishigi-juji-gatame*.



Fonte: Adaptado de <http://taihojutsu.be/en/>.

Segundo a ideia básica do *Ude-hishigi-juji-gatame*, vemos que ele descreve bem uma alavanca do tipo interresistente como representamos na Figura 9, onde o ponto fixo está no encontro do braço do adversário e as coxas do judoca, a força potente corresponde a força feita pelo judoca ao puxar o braço do adversário em direção ao seu corpo e a força resistente corresponde ao ponto de articulação do cotovelo do adversário que tentará resistir ao ato de o braço abrir mais do que o seu máximo. Para obter a maior vantagem mecânica, isto é, a maior razão  $|\vec{r}_P|/|\vec{r}_R|$ , é necessário que o braço da força potente seja o maior possível em relação ao ponto fixo e o braço da força resistente seja o menor possível, por isso a técnica é aplicada com o judoca segurando na mão do adversário e as coxas perto do cotovelo.

**Figura 9** – Modelo simplificado representativo da chave de braço *Ude-hishigi-juji-gatame* como análogo de alavanca.



Fonte: Autor, 2019.

Apresentamos os tópicos de centro de massa no corpo humano e a influência do torque na execução de golpes de projeção (*Nage-waza*) e a influência dele para a execução efetiva das técnicas de chave de braço (*Kansetsu-waza*). Estes tópicos serão utilizados na estruturação das aulas baseadas na teoria de aprendizagem significativa para utilizar vídeos de técnicas de judô para o ensino de Física. O próximo capítulo corresponderá a forma com que o vídeo e o planejamento de aula serão feitos, além de mostrar a aplicação da proposta e apresentarmos as análises dos dados dos alunos tirados pelos testes.

### 3 METODOLOGIA PARA PROPOSTA DE APLICAÇÃO

Estamos interessados em produzir uma proposta de ensino baseado na teoria de ensino por aprendizagem significativa utilizando como aporte metodológico, a sala de aula invertida. Neste capítulo, apresentamos o processo de construção do material para as aulas, os recursos usados e o planejamento e aplicação das mesmas. A metodologia de aplicação do trabalho foi dada inicialmente pela aplicação de um pré-teste, seguida da apresentação do vídeo para ativação dos conhecimentos dos alunos (tendo em vista a teoria da aprendizagem significativa), posteriormente foi aplicado o pós-teste 1, o mesmo pré-teste; houve dois encontros para retirar dúvidas e responder questões acerca de centro de massa, torque e alavanca. Para finalizar o processo de avaliação, foi aplicado o pós-teste novamente, agora pós-teste 2 para obter uma análise do rendimento da turma.

#### 3.1 Descrição do material, planejamento e aplicação

A aplicação da proposta foi dividida em cinco momentos, onde iniciamos com um encontro presencial com a turma que ocorreu no dia 29 de janeiro deste ano. Neste encontro apresentamos a plataforma *Google Classroom*, onde foi disponibilizado um teste (chamado de pré-teste) virtualmente para ser respondido no mesmo dia e em qualquer horário que os alunos estivessem com disponibilidade. No dia posterior, 30 de janeiro, disponibilizamos o *link* de um videoaula privado na mesma plataforma contendo uma exposição do conteúdo e a exemplificação com situações do dia a dia e técnicas do judô e logo após, no mesmo dia, disponibilizamos o pós-teste 1 que contém questões aplicadas no pré-teste para medir a evolução dos conhecimentos dos alunos devido aos estudos. Após assistir o vídeo quantas vezes julgassem necessário e estudar em casa o assunto, poderiam ir responder o pós-teste 1. Foi disponibilizado um período maior que uma semana (até o dia 7 de fevereiro) para estudo e depois responder o pós-teste 1. Nos dias 8 e 12 de fevereiro houveram encontros presenciais com o intuito de revisar, corrigir e complementar o conhecimento dos alunos. Para finalizar, no dia 13 de fevereiro foi disponibilizado o pós-teste 2, contendo as mesmas questões do pós-teste 1 para medir novamente a evolução dos conhecimentos dos alunos devido aos encontros presenciais. Foi disponibilizado para responderem até o dia 17 de fevereiro, totalizando um período de

20 dias de aplicação da intervenção. Os momentos, assim como uma suscita explicação dos mesmos, estão apresentados na Quadro 1.

**Quadro 1** – Descrição do conteúdo e tempo estimado da sequência didática proposta separada em quatro momentos.

Momento	Aplicação	Conteúdo
1	Pré-teste	Um questionário socio-econômica-cultural inicial para análise da rotina, o ambiente em que vive e outros aspectos da condição do aluno. Contém também um teste com questões acerca de conhecimentos básicos sobre conceitos físicos de centro de massa, torque e alavanca.
2	Disponibilização do vídeo	Vídeo de cerca de 20 min de duração contendo a apresentação do conteúdo programático de Física e de técnicas do judô relevantes para o ensino de Física do conteúdo programático.
3	Pós-teste 1	Teste contendo as mesmas perguntas do pré-teste acerca de conhecimento básico e de mundo acerca de conhecimentos físicos de centro de massa, torque e alavanca para análise parcial.
4	Aulas expositivas de revisão e resolução de questões	Dois encontros presenciais de 100 min cada contendo aulas expositivas de revisão do assunto de centro de massa, torque e alavanca, tirar dúvidas dos alunos acerca do assunto e resoluções de questões sobre o assunto abordado.
5	Pós-teste 2	Reaplicação do pós-teste 1 para análise parcial e total.

Fonte: Autor, 2019.

A aplicação da proposta foi iniciada por um encontro presencial (Figura 10) destinado a termos o primeiro contato com a turma para explicar o trabalho e ajudar a implementação da plataforma auxiliar que usamos, o *Google Classroom*.

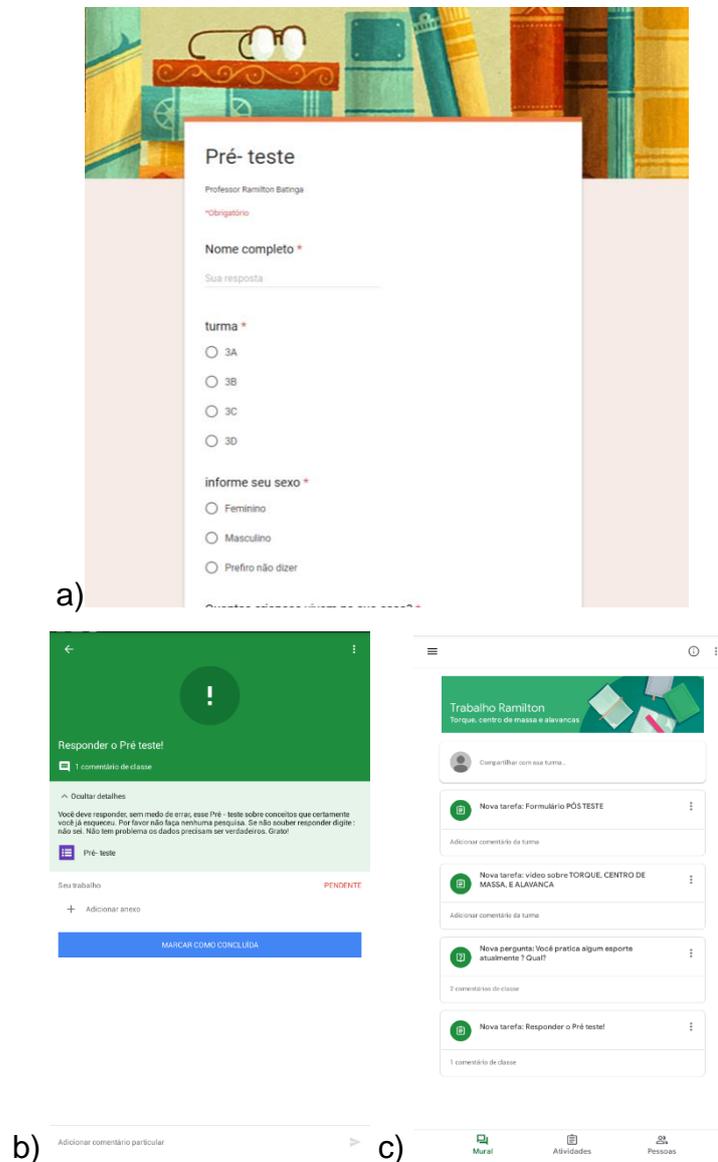
**Figura 10** – Registro do encontro presencial com o grupo para explicações sobre a aplicação do trabalho (a) e instrução para manipulação da plataforma *Google Classroom* (b).



Fonte: Autor, 2019.

Nela foi disponibilizado o pré-teste (primeiro momento), contendo questões abertas e objetivas para fazer uma sondagem de qual o conhecimento dos alunos acerca do conhecimento programático de Física para efetuar análise do andamento da aplicação da atividade. A aplicação deste foi disponibilizada virtualmente (Figura 11) para que os alunos pudessem responder num horário extracurricular.

**Figura 11** – Capturas de tela do pré-teste (a) disponibilizado virtualmente pelos formulários Google. O pré-teste foi disponibilizado para acesso pelo aplicativo *Google Classroom* (b) como uma tarefa apresentada no mural do próprio aplicativo (c).



Fonte: Autor, 2019.

Juntamente com o pré-teste há um questionário socioeconômico e cultural, para maior análise qualitativa do meio ao qual os alunos estão inseridos. No Quadro 2, há algumas perguntas para análise qualitativa da condição do aluno na turma e aspectos da sua rotina. Foram utilizadas perguntas com o intuito de saber informações básicas dos alunos como sexo e a turma da terceira série que estavam (no colégio havia quatro turmas da terceira série), também foi procurado saber sobre aspectos de sua rotina como os meios de comunicação que eles utilizam para se manterem informados e sua afinidade com aparelhos eletrônicos em momentos de lazer, assim

como perguntamos sobre contatos com o judô e se faziam esporte no momento da pesquisa. Foram feitas algumas perguntas sobre o ambiente em que vivem, se há crianças, quantas pessoas vivem com o aluno e se este trabalha, para justificar, se preciso, um possível motivo para lhe ocupar o tempo de estudo. Nesta parte do pré-teste, foi utilizado principalmente questões de múltipla escolha para direcionar respostas mais objetivas e curtas.

**Quadro 2** - Algumas questões socio-econômica-cultural utilizadas na confecção do questionário.

Questão 1. Informe o seu sexo.

- Masculino
- Feminino
- Não desejo informar

Questão 2. Quantas crianças vivem na sua casa?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Mais de 3

Questão 3. Quais os meios que você mais utiliza para se manter informado (a)?

- Nenhum
- Pessoas
- Jornal impresso
- TV
- Rádio
- Revista
- Internet
- Outro: \_\_\_\_\_

Fonte: Autor, 2019.

No Quadro 3, temos a apresentação de algumas questões utilizadas para averiguar o conhecimento de mundo dos alunos, que é necessário para o entendimento de assuntos de Física nas aulas, tendo em vista que muitos conceitos físicos são aprendidos de forma empírica, mas que muitas vezes o aluno tem dificuldade de traduzir para a linguagem científica. As questões foram idealizadas

com o intuito de direcionar a resposta o mínimo possível, portanto não foi utilizada a forma de múltiplas escolhas.

**Quadro 3** – Algumas questões acerca do conhecimento do conteúdo de Física utilizadas na confecção do teste.

Questão 1. Descreva com suas palavras o que é o centro de massa de um corpo.

Questão 2. Cite o fenômeno físico relacionado ao centro de massa responsável pelo equilíbrio dos corpos. Tente informar o motivo pelo qual é mais difícil tombarmos para alguma direção quando estamos com os dois pés bem posicionados do que apenas um pé sobre o apoio.

Questão 3. Quando vamos levantar de uma cadeira, inclinamos nosso tronco para frente. Explique o motivo.

Questão 4. Qual a principal grandeza física responsável pela ação de rosquear um parafuso ou uma tampa?

Questão 5. Descreva com seus conhecimentos o porquê de alicates e chaves com catraca (para parafusos e porcas hexagonais, por exemplo) terem cabos tão distantes em relação ao tamanho do objeto que será trabalhado.

Fonte: Autor, 2019.

Após a aplicação do pré-teste, no segundo momento, foi disponibilizado também virtualmente o videoaula. O vídeo (Figura 12) se encontra na plataforma de exposição de vídeos *Youtube* em um *link* privado, onde o acesso é exclusivo pelo *link* que foi disponibilizado aos alunos pela plataforma *Google Classroom*. Este videoaula conteve aspectos da aprendizagem mecânica, onde foi apresentado de forma coerente o conteúdo de Física apresentado no capítulo anterior, mostrando os tópicos de Física da matriz curricular e exemplificações do dia a dia. Houveram exemplos intercalados por técnicas de judô com explicações sucintas sobre os mesmos e sobre a Física envolvida que serviram de auxílio para o estudo.

**Figura 12** – Captura de tela do videoaula apresentado aos alunos como recurso audiovisual para estudo autônomo na sala de aula invertida.



Fonte: Autor, 2019.

No vídeo contém a aplicação das três técnicas citadas na Tópicos de Física no Judô, as técnicas de projeção (*nage-waza*) *O-goshi* e *Koshi-guruma* e a técnica de chave de braço (*Kansetsu-waza*) *Ude-hishigi-juji-gatame*. As aplicações das técnicas foram feitas com auxílio de profissionais e atletas da área (Figura 13). Após a explicação do conteúdo de centro de massa e de torque e suas respectivas exemplificações com situações do dia a dia, há a apresentação e a aplicação da técnica de *O-goshi* e posteriormente a aplicação do *Koshi-guruma*. No vídeo, é demonstrado rapidamente onde está o centro de massa do oponente e como a posição do centro de massa é importante para a aplicação correta das técnicas; posteriormente é demonstrado a direção das forças aplicadas no adversário e os braços de força destas em relação ao centro de massa. É analisado também a eficiência máxima entre uma técnica e outra, analisando as ações dos torques mínimos para efetuar as duas técnicas. No final, onde há a explicação de alavancas e vantagem mecânica, é adicionado a aplicação da técnica de chave de braço, *Ude-hishigi-juji-gatame*, onde é mostrado claramente o ponto de apoio e as posições das mãos e pernas do atleta, mostrando as posições referentes à força motora, a força resistente e o ponto fixo de rotação da alavanca e discutindo ao tentar ter maior eficiência com maior ganho mecânico.

**Figura 13** – Registro do momento da gravação do vídeo aplicando as técnicas do judô.



Fonte: Autor, 2019.

O vídeo foi utilizado à luz da sala de aula invertida para que os alunos possam dispor deste material em casa para estudos pessoais e autônomos, podendo assistir mais de uma vez e permitindo-os procurar fontes externas para complementar seu próprio conhecimento. O vídeo traz elementos de exemplos para aplicação do conhecimento com o sentido que esses exemplos e principalmente as técnicas de judô aplicadas sirvam de *subsunções* para o conteúdo de Física a ser aprendido. Estamos cientes de que há alunos que nunca tiveram contato com judô, portanto o vídeo contém momentos de aprendizagem mecânica para estes alunos, onde será simplesmente exposto o conhecimento acerca do judô cujo estes alunos não o tinham. Nesse contexto, as apresentações das técnicas de judô podem servir de *subsunções* para o estudo pessoal dos alunos em casa quando assistir o vídeo mais de uma vez ou para o quarto momento, onde houve o encontro presencial.

No terceiro momento, após disponibilizar o vídeo, os alunos puderam novamente ter acesso a mais um teste disponibilizado na plataforma *Google Classroom*, o pós-teste 1. Este apenas conteve as questões acerca do conhecimento básico e de mundo sobre conceitos físicos de centro de massa, torque e alavanca do pré-teste, as questões socioeconômicas e culturais estiveram ausentes, visto que as respostas destas não devem divergir devido a intervenção da atividade. Este teste serviu para sondagem do conhecimento adquirido pelos alunos após seu estudo em horário extracurricular. Ele foi disponibilizado um dia depois do videoaula e ficou disponível durante uma semana.

No quarto momento, foram ministradas quatro horas aulas presenciais (Figura 14) em dois dias diferentes. As aulas tiveram um resumo do conteúdo programático de centro de massa, torque e alavancas de maneira expositiva, mas tirando dúvidas sobre o assunto que os alunos tenham gerado em seu tempo de estudo pessoal. Nestas aulas houveram resoluções de questões acerca dos assuntos tratados para melhor fixação dos mesmos, pois nos momentos de resolução é possível gerar e incentivar discussões de conteúdos sobre situações de aplicação do conhecimento adquirido.

**Figura 14** – Registro das aulas presenciais para tirar dúvidas e resolver questões.



Fonte: Autor, 2019.

Após a finalização das discussões sobre o conteúdo presencialmente, foi disponibilizado mais uma vez o teste para que, no quarto e último momento, fosse feita a reaplicação do pós-teste, o pós-teste 2. Este pós-teste 2 teve como finalidade analisar o desempenho do aluno durante os encontros presenciais e também podemos analisar o desempenho de toda a atividade, comparando os resultados do pré-teste para o pós-teste 2 e também comparando os dois desempenhos parciais. Por fim, pontuamos em porcentagem de acerto o pré e os dois pós-testes e analisamos o rendimento das turmas durante o segundo momento, em seus estudos em casa; durante o quarto momento, devido aos encontros presenciais e durante toda a aplicação do método.

Usamos o método de análise do ganho normalizado ou ganho de Hake (HAKE, 1998) em que o ganho normalizado  $g$  se define em o quanto foi ganho do pós-teste

para o pré-teste em relação ao máximo que se pode ganhar, isto é, se no pós-teste houvesse feito 100% de acerto.

$$g = \frac{\%_{pós} - \%_{pré}}{100 - \%_{pré}} \quad (08)$$

Hake (1998) define três classes de ganho normalizado, as turmas com ganho menor que 0.3 são de baixo ganho, entre 0.3 e 0.7 são ganhos intermediários e acima de 0.7 são ganhos alto.

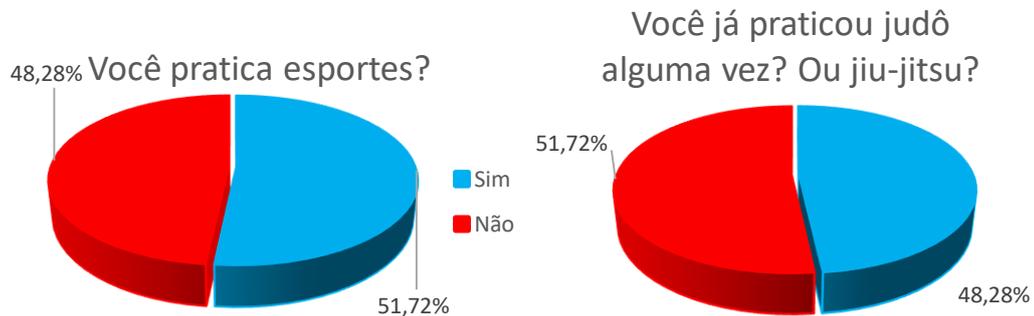
Na próxima seção, discutiremos a análise dos dados, primeiramente de forma qualitativa, analisando as respostas individuais de alguns alunos e para analisar as turmas de forma completa, atribuiremos análises quantitativas utilizando como ferramenta principal de análise os resultados nos testes e o ganho de Hake (ou ganho normalizado) entre eles. Para tal, usaremos um sistema de pontuações nas questões para darmos uma nota em percentual de acertos dos testes aplicados.

### 3.2 Análise dos dados

Através da análise das respostas do pré-teste, pudemos ver que todos os alunos estão matriculados no Colégio durante todo o ensino médio e a maioria estão desde o ensino fundamental; praticamente todos vivem em moradias próprias e com mais que 3 pessoas em casa; alguns tem crianças (irmãos) em casa, podendo tomar parte de seu tempo nas rotinas e; as atividades mais frequentes e meios de se manter informados são bem diversificados, porém, a presença do uso de internet como lazer foi de 89,66% e a presença da internet como um dos meios de se manter informado foi de 96,55%. Essas respostas mostram que a presença de aparelhos tecnológicos é significativa e indispensável atualmente na rotina destes alunos. Inclusive todos relataram conter acesso de internet em domicílio.

Sobre a presença do judô na vida destes alunos, verificamos que cerca da metade dos alunos já tiveram contato com judô ou jiu-jitsu (que contém muitos aspectos semelhantes ao judô), mesmo que metade dos alunos pratiquem algum esporte ou academia, o judô não está tão presente em seus cotidianos. No Gráfico 1, temos o percentual de respostas Sim ou Não apresentados nas perguntas “Você pratica esportes?” e “Você já praticou judô alguma vez? Ou jiu-jitsu?”.

**Gráfico 2** – Percentual de alunos do grupo que praticam esporte e os que já tiveram contato com Judô ou Jiu-jitsu.

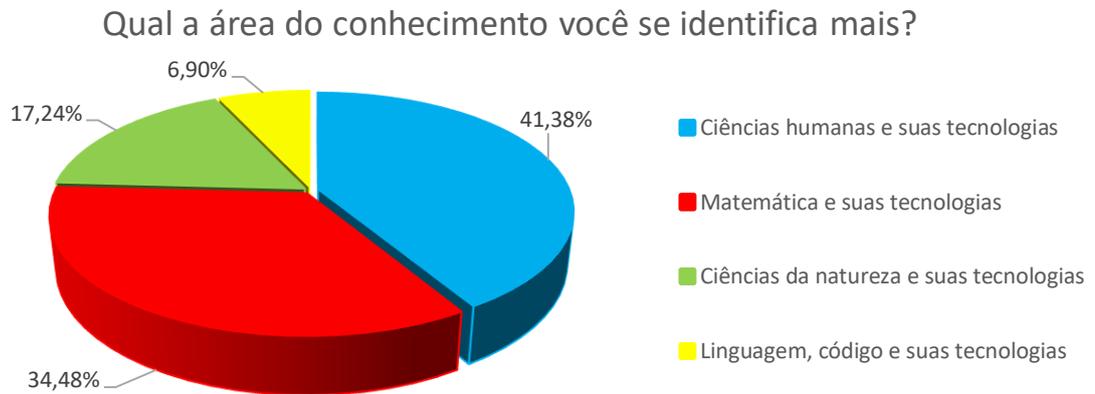


Fonte: Autor, 2019.

Este resultado nos mostra que a aplicação das técnicas de judô deverá ter algum significado a pelo menos metade dos alunos do grupo. E cerca da metade dos alunos (que não corresponde à metade citada antes) poderá utilizar esses conhecimentos de Física em suas atividades nos esportes que estão praticando hoje e levar a vê-los de forma diferente, com um olhar mais crítico e consciente. Saber a aplicabilidade Física no esporte leva ao atleta maximizar seu rendimento e tomar conhecimento maior de seu corpo, além de passar a conhecer melhor os fenômenos que ocorrem no esporte. Nada impede que os alunos em sua totalidade venham a utilizar estes conhecimentos adquiridos em esportes assim como no dia a dia, visto que buscamos um aprendizado duradouro e que os tornem mais conscientes com seus próprios corpos.

Também analisamos se o grupo voluntariado teria afinidade com as ciências da natureza no intuito de justificar um bom ou ruim rendimento da turma devido a maior afinidade individual com um dos ramos do conhecimento. No Gráfico 2, trazemos o percentual das respostas.

**Gráfico 3** – Distribuição por maior afinidade dos alunos por um dos ramos do conhecimento. Análise feita com base na afirmação individual acerca a afinidade.



Fonte: Autor, 2019.

Ao analisarmos as respostas de forma individual, vemos que alguns alunos apresentaram melhoria significativa na argumentação de algumas respostas, como o aluno IFV, que teve suas respostas apresentadas no Quadro 4. Neste, podemos ver que o estudo autônomo do aluno IFV auxiliou-o a entender o assunto e obter uma organização das ideias sobre o conhecimento, corrigindo ideias incompletas. Como analisamos alunos da terceira série do ensino médio, os assuntos relacionados a centro de massa, torque e alavanca não são necessariamente novidade para eles, no caso do aluno IFV, este já havia tido conhecimento sobre os assuntos, mas houvera esquecido por entrar em desuso ou por não ter sido ensinado adequadamente anteriormente, assim, a sua resposta no pré-teste fora mal articulada e após o segundo momento da atividade aplicada, ele foi capaz de produzir uma resposta mais coerente e com um formalismo mais técnico-científico.

**Quadro 4** – Respostas de uma questão do pré-teste e pós-teste 1 do aluno IFV.

Questão:

Explique com suas palavras o que é torque.

Resposta pré-teste:

“Força aplicada em objetos que possuem eixo de rotação.”

Resposta pós-teste 1:

“É o momento de uma força, o qual é a grandeza vetorial associada às forças que produzem rotação de um corpo.”

Fonte: Autor, 2019.

Percebemos este avanço em alguns alunos em algumas questões específicas, assim como o aluno MMS no Quadro 5, que apresenta avanço na compreensão do conceito de desequilíbrio em relação ao centro de massa. Caso semelhante ao aluno IFV apresentado no Quadro 4, onde corrigiu conhecimentos incoerentes e a resposta foi apresentada de forma curta e objetiva, demonstrando organização e clareza cognitiva.

**Quadro 5 – Respostas de uma questão do pré-teste e pós-teste 1 do aluno MMS.**

Questão:

Explique com suas palavras as condições básicas para que uma pessoa caia. (Tente levar em consideração o centro de massa).

Resposta pré-teste:

“As forças externas que estão atuando sobre ela são maiores devido a pessoa não estar no seu centro de massa.”

Resposta pós-teste 1:

“Retirar o centro de massa da base.”

Fonte: Autor, 2019.

Também vemos casos em que alunos que não conseguiam descrever situações físicas ou atribuir relações entre duas situações, passaram a organizar seus conhecimentos acerca do assunto; como no caso dos alunos WEMA e LBFT que no Quadro 6 apresenta a evolução de uma situação em que o aluno apresenta não saber responder para uma resposta curta e objetiva, demonstrando clareza em seus novos conhecimentos.

**Quadro 6** – Respostas de duas questões do pré-teste e pós-teste 1 dos alunos WEMA e LBFT.

Questão:

Você saberia descrever alguma relação entre a gangorra (brinquedo usual em pátios escolares) e a pinça comumente utilizadas em salões de beleza?

Resposta do WEMA no pré-teste:

“Não.”

Resposta do WEMA no pós-teste 1:

“Ambas são alavancas.”

Questão:

Explique como podemos fazer menos esforço para tirar um parafuso de um carro.

Resposta do LBFT no pré-teste:

“Não sei.”

Resposta do LBFT no pós-teste 1:

“Utilizar ferramentas com cabos grandes.”

Fonte: Autor, 2019.

Porém há casos em que mesmo com estudo autônomo e com a disponibilidade do material fornecido pelo professor, o aluno apresenta uma ligeira regressão, como foi o caso do aluno VD, que apresentou (no Quadro 7) uma resposta um pouco mais coerente por relacionar uma menor força à maior distância até as dobradiças e posteriormente apresenta uma resposta relacionando a menor força com a maior distância ao centro da porta. Pode até mesmo ser que ele quisesse transmitir a mesma informação, mas como na questão é mencionado o “centro da porta”, a resposta apresentada do pós-teste 1 não foi perfeitamente clara. Alguns casos foram semelhantes em outras questões que demonstraram menos clareza e alguns apresentaram conceitos errados ou mais distantes do esperado do que no pré-teste.

**Quadro 7** – Respostas de uma questão do pré-teste e pós-teste 1 do aluno VD.

Questão:

Qual a situação mais confortável: Abrir uma porta empurrando pela maçaneta ou exatamente no centro da porta? Por que você acha isso?

Resposta pré-teste:

“Pela maçaneta, pois quanto mais longe das dobradiças, mais fácil empurrar ou girar algo, eh mais fácil empurrar uma porta na ponta do que perto da parte que ela fica na parede”

Resposta pós-teste 1:

“Pela maçaneta, quanto mais longe do centro, mais fácil empurrar, fazer força.”

Fonte: Autor, 2019.

As respostas dos pós-testes 2, aplicado no último momento, obtiveram resultados ligeiramente melhores que os do pós-teste 1. A maioria das respostas foram semelhantes não trazendo alteração no domínio do conteúdo, porém há casos como o aluno ACSC apresentado no Quadro 8 que apesar de toda a aplicação da atividade não apresentou grandes avanços. A ideia de que o centro de massa é a massa concentrada já existia para este aluno e após a intervenção do videoaula o fez relacionar à fórmula e não ao conceito do centro de massa, que mesmo após os encontros presenciais não foram corrigidos. A análise de outras respostas nos fizeram perceber que a grande maioria dos alunos não entenderam corretamente o que representa o centro de massa. Ou relacionam com ponto de equilíbrio ou com a massa concentrada ou ainda com a fórmula. Percebemos então que o planejamento do material e as discussões presenciais não foram claras o suficiente para deixar claro que a massa de um corpo está distribuída, mas que pode ser representada em alguma análise apenas pelo centro de massa do sistema.

**Quadro 8** – Respostas de uma questão dos testes do aluno ACSC.

Questão:

Descreva com suas palavras o que é o centro de massa de um corpo.

Resposta pré-teste:

“É um ponto no objeto e a massa vai estar toda concentrada nele.”

Resposta pós-teste 1:

“É a soma das massas vezes a coordenada onde ela se encontra dividida pela soma das massas.”

Resposta pós-teste 2:

“É o ponto o qual o peso é concentrado.”

Fonte: Autor, 2019.

Porém os resultados esperados são um pouco mais comuns, assim como as respostas do aluno WEMA e do aluno IBBR apresentados no Quadro 9, que demonstra que após os encontros presenciais, alguns alunos corrigiram alguns conceitos. Embora com resultados bons na maioria dos alunos nos pós-testes 1, houve ligeiros avanços de algumas respostas para o pós-teste 2. Assim, não houve avanço em todas as respostas de um mesmo aluno, mas também não houve tantos avanços em forma geral.

**Quadro 9** – Respostas de duas questões do pós-teste 1 e pós-teste 2 dos alunos WEMA e IBBR.

Questão:

Explique com suas palavras o que é torque.

Resposta do WEMA no pós-teste 1:

“Força que produz rotação de um corpo.”

Resposta do WEMA no pós-teste 2:

“É uma grandeza associada às forças que produzem rotação de um corpo.”

Questão:

Cite o fenômeno físico relacionado ao centro de massa responsável pelo equilíbrio dos corpos. Tente informar o motivo pelo o qual é mais difícil tomarmos para alguma

direção quando estamos com os dois pés bem posicionados do que quando estamos com apenas um pé sobre o apoio.

Resposta do IBBR no pós-teste 1:

“Quanto estamos posicionando os dois pés no chão, a base está firme.. Porém ao tirar um dos pés do chão, a base não fica firme, ficando mais provável o centro de massa se deslocar”

Resposta do IBBR no pós-teste 2:

“Ao apoiarmos os dois pés, o centro de massa está bem alinhado à base, portanto, nos mantemos firmes no chão. Porém se um pé sair do chão, a base não estará totalmente alinhada, o centro de massa poderá se deslocar, ocasionando a queda.”

Fonte: Autor, 2019.

Alguns alunos tiveram uma evolução gradual, onde pouco sabiam ou não lembravam dos assuntos no pré-teste, não conseguiram conectar as situações com os conteúdos mesmo no pós-teste 1, mas no final da atividade, conseguiram atribuir os conceitos físicos às situações das questões. Esse foi o caso do aluno WEMA (Quadro 10) e outros.

#### **Quadro 10** – Respostas de uma questão dos testes do aluno WEMA.

Questão:

Explique como podemos fazer menos esforço para tirar um parafuso de um carro

Resposta pré-teste:

“Não sei.”

Resposta pós-teste 1:

“Utilizando a ferramenta adequadamente”

Resposta pós-teste 2:

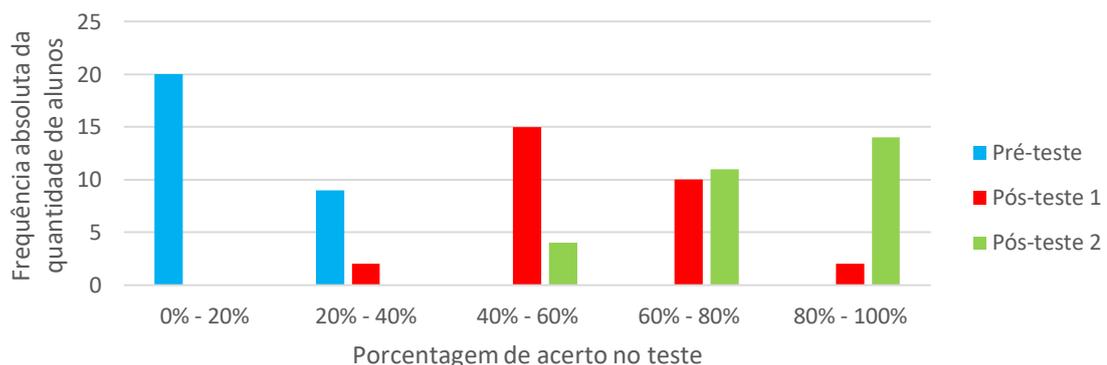
“Utilizando ferramentas de um cabo mais longo.”

Fonte: Autor, 2019.

Foi atribuído pontuação igualitária para as questões, as respostas satisfatórias e completas receberam um ponto, já uma resposta razoável ou incompleta recebe meio ponto. As respostas que divergiram completamente ou absurdas ou em branco, não receberam pontuação. O mesmo critério de pontuação serviu para os pós-testes 1 e 2. No Gráfico 3 é apresentado a frequência de alunos que pontuaram dentro das faixas de 20 em 20% no pré-teste e nos pós-teste. A pontuação é dada em porcentagem de acerto.

A partir dos resultados apresentados no Gráfico 3, podemos concluir que os alunos da terceira série do ensino médio pouco sabem ou esqueceram dos conteúdos de Física acerca de centro de massa, torque e alavanca, pois houve uma grande quantidade de alunos (mais da metade) com pontuações abaixo de 20%, inclusive três alunos não pontuaram. Os restantes não conseguiram pontuar acima de 40%.

**Gráfico 4 – Distribuição das porcentagens de acertos dos resultados dos testes.**



Fonte: Autor, 2019.

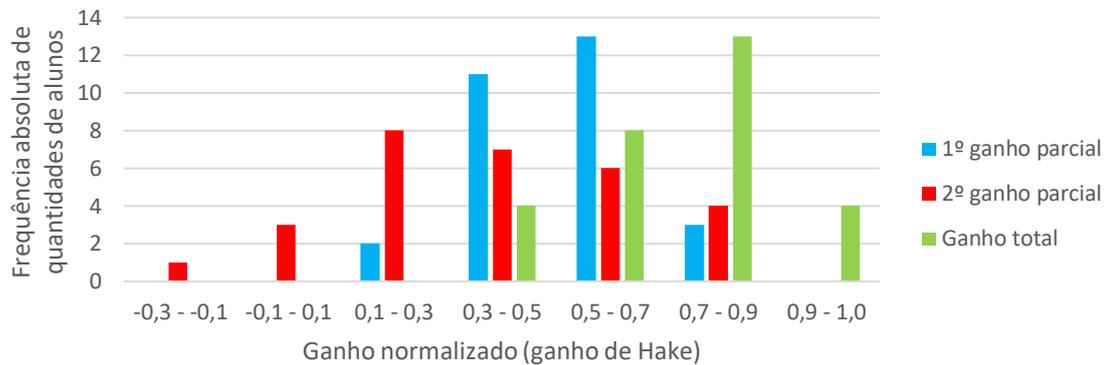
O quadro acerca do pós-teste 1, após a disponibilização do material audiovisual e o estudo autônomo, fora promissor, visto que a maioria das pontuações ficaram entre 40% e 80%. Como vimos na análise qualitativa, muitas respostas obtiveram desempenho elevado, onde muitos que afirmaram que não sabiam ou tinham respostas muito desviadas do esperado, obtiveram respostas coerentes com o assunto estudado.

Ao analisar os resultados no pós-teste 2, vemos que uma grande quantidade pontuou acima de 80%. Esses resultados sugerem que os encontros presenciais auxiliaram a corrigir os conhecimentos adquiridos pelos alunos.

As médias das porcentagens de acerto são 15,58% no pré-teste, 58,70% no pós-teste 1 e 76,59% no pós-teste 2. A partir desses resultados, vemos que pela análise total da turma é possível inferir um enorme avanço do pré-teste para o pós-teste 1, em que a implementação da sala de aula invertida e a utilização de recursos audiovisuais com técnicas de Judô indicam bons resultados. Já pela média dos pós-teste 2 em relação ao pós-teste 1, é possível inferir que houve avanço no geral, apesar de não ser um avanço tão grande quanto o do pré-teste para o pós-teste 1. Ao analisarmos o ganho de Hake (a partir das médias dos valores das pontuações do grupo) entre o pré-teste e o pós-teste 1 (0,5102), entre o pós-teste 1 e o pós-teste 2 (0,4332) e entre o pré-teste e o pós-teste 2 (0,7224), podemos inferir que o ganho relativo ao segundo momento (apresentação do vídeo) foi maior do que o relativo ao quarto momento (aulas presenciais), porém ainda foram resultados semelhantes. A partir disto é possível inferir que o videoaula auxiliou o grupo como um todo e as aulas presenciais complementaram o processo de aprendizagem do grupo. A intervenção obteve um ganho grande e maior que 0,7.

Analisamos todas as pontuações dos testes individualmente, computando todos os ganhos de Hake. A distribuição dos ganhos de Hake está apresentada no Gráfico 4. É possível ver que em relação ao primeiro ganho parcial, referente a análise do pré-teste para o pós-teste 1, medindo a eficácia da aplicação do videoaula, não obtivemos ganhos abaixo de 0,1, dois alunos obtiveram ganhos abaixo de 0,3 e apenas três alunos obtiveram ganho acima de 0,7. Segundo as definições impostas por Hake (1998), estes dois alunos abaixo de 0,3 obtiveram baixo ganho e os três alunos acima de 0,7 obtiveram ganho alto. Assim, a grande maioria obteve um ganho intermediário. O que corrobora com o ganho de 0,5102, calculado anteriormente pelas médias das pontuações, um ganho intermediário.

As distribuições de ganhos referentes ao segundo ganho parcial foram bem distribuídas entre 0,1 e 0,9, mostrando que houve avanços pequenos e grandes na construção do conhecimento dos alunos. Porém houve 4 ganhos entre -0,3 e 0,1, estes representam alunos que pouco avançaram durante as aulas presenciais. Ao analisar os ganhos totais dos alunos, percebemos que houveram resultados muito satisfatórios, em que uma grande quantidade de alunos ficou entre 0,7 e 0,9. Isto sugere que a maioria dos alunos tiveram ganhos totais altos e os restantes tiveram ganhos intermediários, mostrando bons rendimentos dos alunos.

**Gráfico 5** – Distribuição das frequências dos ganhos normalizados.

Fonte: Autor, 2019.

Ao calcularmos a média dos ganhos de Hake, encontramos 0,5091 para o 1º ganho parcial, entre o pré-teste e o pós-teste 1; 0,4076 para o 2º ganho parcial, entre o pós-teste 1 e o pós-teste 2 e; 0,7206 para o ganho total, entre o pré-teste e o pós-teste 2. Pela análise desses valores, é possível inferir que são muito semelhantes aos ganhos calculados pelas médias das pontuações da turma (pontuações apresentadas no Gráfico 1). Mostrando que os dois métodos de análises estatísticas convergem.

Para uma análise melhor, colocamos na Tabela 1 os resultados dos ganhos tirados pela média dos acertos e os ganhos provenientes das médias dos ganhos individuais. É possível ver que os desvios relativos de um para o outro são valores pequenos, mostrando que as duas análises estatísticas convergem. O desvio relativo do segundo ganho parcial não foi tão pequeno quanto os outros pois neste processo houve muitos alunos que obtiveram ganho longe da média (0,4076). Isto pode ser conferido no Gráfico 4, neste vemos ganhos muito distantes da média dos ganhos individuais.

**Tabela 1** – Resultados dos ganhos de Hake obtidos das análises das pontuações dos testes.

	1º ganho parcial	2º ganho parcial	Ganho total
Ganho das médias das pontuações	0,5102	0,4332	0,7224
Média dos ganhos individuais	0,5091	0,4076	0,7206
Desvios relativos	0,22%	5,92%	0,25%

Fonte: Autor, 2019.

Após todos esses resultados, podemos inferir que a aplicação da intervenção da atividade analisada de forma quantitativa sugere que os alunos haviam esquecidos estes conceitos e todo o processo de aplicação da atividade ajudaram a lembrarem e auxiliaram a entender bem os conhecimentos. As análises qualitativas das respostas dos testes deixam mais evidente a evolução cognitiva acerca destes assuntos que acompanha a clareza nas respostas e descrição mais completa e coerente das soluções das questões.

Para completar a análise, seguiremos com o depoimento de alguns alunos acerca de todo o processo da atividade. Fizemos algumas perguntas no grupo do aplicativo de mensagens instantâneas *Whatsapp* com os alunos e permitimos que por vontade própria houvesse resposta por parte dos alunos. A seguir, o Quadro 11 mostra as respostas de alguns alunos. Os que responderam, apresentaram respostas semelhantes a estas apresentadas.

**Quadro 11** – Respostas às perguntas de avaliação acerca da atividade dos alunos WEMA, ABCD e RNSB.

O que você achou do trabalho?

Resposta do WEMA: “Método dinâmico e muito eficiente. Incentiva o interesse dos alunos pelo assunto, diferente dos métodos mais convencionais.”

Resposta do ABCD: “Participar desse trabalho foi uma das coisas mais legais e dinâmicas que eu já fiz em relação a conteúdos que a gente aprende em sala. “

Resposta do RNSB: “Achei irado, gostei bastante da liberdade de poder responder tudo pelo celular, muito dinâmico”

O que mais gostou?

Resposta do WEMA: “O fato de o vídeo ser apresentado antes de discutirmos em sala, melhorando o desempenho da turma durante a aula.”

Resposta do ABCD: “O que eu mais gostei foi de poder ver os assuntos de um jeito mais leve e sem aquela preocupação e pressão de “preciso aprender isso para fazer a prova”, a gente pôde ver eles de uma maneira divertida e aprender

com mais detalhes a utilidade dessas coisas no dia a dia em coisas simples como fazer a sobancelha. Gostei muito também de podermos estudar e responder questões no celular, porque podia ser de qualquer lugar e sem levar peso, além de ter sido muito interessante termos uma turma em um aplicativo, achei super inovador. E o melhor foi que pudemos responder com as nossas palavras, o que dá uma liberdade maior pra gente aprender como é mais confortável pra gente e reproduzir isso sem estar necessariamente errado.”

Resposta do RNSB: “A vídeo aula foi bem legal e aprendi bastante sobre os conceitos no vídeo, relembrar sobre eles aplicando com exemplos e questões foi muito bom, e consegui responder as perguntas”

Mudaria algo?

Resposta do WEMA: “A respeito do método em si, não. Acho que seria interessante se fosse adotado à nossa rotina de estudos, de forma em que se torne mais dinâmica.”

Resposta do ABCD: “Não, mas acho que seria interessante estudar outros conteúdos dessa maneira, e gostaria que essa forma extra de sala de aula fosse mais divulgada e fizesse parte da nossa rotina.”

Resposta do RNSB: “Não vi defeito nenhum enquanto fazia as atividades, a dinâmica de poder ver um vídeo rápido e bem explicado sobre vários conceitos do assunto e responder as questões foi bem eficiente, eu particularmente gostei bastante”

Você realmente aprende com esse método?

Resposta do WEMA: “Sim! A ‘repetição’ dos testes, além de ser ótima para autoavaliar nossos conhecimentos, ajuda a fixar melhor os conceitos.”

Resposta do ABCD: “Sim, já tinha algumas lembranças na cabeça mas pude rever elas e aprender muito mais sem passar horas numa sala de aula e com um método que facilitou muito no entendimento principalmente dos conceitos e das aplicações.”

Resposta do RNSB: “Sim, percebi quando respondi o segundo pós teste e lembrei dos exemplos no vídeo sobre os tópicos, lembrar os assuntos que foram vistos antes dessa maneira foi muito bom, creio que fixei sim”

Fonte: Autor, 2019.

Nestas respostas vemos que os alunos gostaram da experiência e o aspecto de ser uma atividade sem compromisso no boletim escolar e os alunos serem voluntários auxiliou muito ao conforto dos alunos em permanecer na atividade até o final. Houveram respostas apontando que gostaram de estudar em casa com o vídeo, mostrando que o método baseado na sala de aula invertida é bem visto por estes alunos.

Os alunos não apresentaram opiniões ruins acerca da atividade, expressando, inclusive, a vontade de novas experiências como a deste trabalho e que fosse mais regular durante a vida acadêmica. Todos os alunos que opinaram, disseram que aprenderam com a atividade e auxiliou muito a lembrarem os assuntos que estudaram a dois ou três anos atrás.

Diante de todas essas análises, vemos que a aplicação foi bem-sucedida e obteve resultados muito satisfatórios. Encontramos indícios de evolução cognitiva dos assuntos de Física nas respostas dos alunos nos testes, os resultados médios dos ganhos total do grupo foi acima de 0,7, mostrando um auto ganho e um rendimento muito bom. Além disto, as opiniões dos alunos acerca da atividade foram todas positivas e declararam terem aprendido durante esta aplicação e estão satisfeitos com os resultados em si mesmos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Encontramos resultados satisfatórios, mostrando que a aplicação desta proposta obteve não somente êxito ao estimular o grupo analisado, como também os auxiliaram a relembrar e entender os conteúdos de Física. O grupo é diversificado, pois cerca de metade dos alunos tiveram contato com judô ou jiu-jitsu e também metade do grupo praticam esporte, além disto, o grupo apresentou respostas bem distintas quando perguntamos sobre o ramo do conhecimento que tiveram maior afinidade, mostrando que o êxito da atividade não teve preferência por uma parte do grupo, nos levando a acreditar que a proposta tem resultados promissores para a aplicação de forma ampla. Porém é preciso destacar que o grupo foi composto por alunos voluntários e esta disposição para atuar na atividade pode levar a resultados tendenciosos, pois no primeiro encontro foi detectado empolgação da parte dos alunos para participarem e nas aulas presenciais percebemos que poucos alunos estavam dispersos e durante todo o período de aplicação, houve muita atividade no grupo de aplicativo de comunicação *Whatsapp*, o que nos levou a perceber que o interesse do grupo era um pouco maior do que se fossem as quatro turmas completas.

Os resultados analisados na seção anterior indicaram que a aplicação teve muitos pontos positivos e algumas pequenas dificuldades. É preciso refazer o planejamento das aulas e a produção do videoaula para corrigir pequenos problemas visto, porém a análise dos testes e as opiniões dos alunos nos permite inferir que os alunos obtiveram um desempenho elevado e além de assimilarem o conhecimento, também gostaram da experiência. Devido à experiência presencial com os alunos durante e posteriormente à intervenção da atividade, devemos ressaltar que muitos ficaram satisfeitos com a aplicação do judô, pois tornou, segundo eles, mais fácil de entender o assunto com a aplicação em algo real. Alguns informaram que o judô não auxiliou tanto pois nunca tiveram contato com ele nem esperam ter, assim foi um exemplo inválido para eles, porém como opinião própria, a apresentação do judô leva estes alunos a terem o primeiro contato, mesmo que virtualmente. Numa situação futura, pode ser que este conhecimento mínimo de judô exposto no vídeo, auxilie estes alunos a entenderem algo de Física ou outros ramos do conhecimento.

As análises qualitativas dos testes informam que mesmo os alunos já tendo tido contato com estes assuntos a algum tempo antes da aplicação da atividade, a sala de aula invertida obteve uma importância significativa, pois os alunos das turmas de



*9 ano [do ensino fundamental] e ter uma interação maior com o Professor. Nos seus projetos ,ainda mais aprendendo com um método dinâmico relacionado a atividades da sociedade, relato do aluno RTF – texto em colchetes de autoria nossa –. O aluno MBF declarou *Achei mt legal todo o trabalho, desde o download do aplicativo até a resolução do questionário. Sinto que eu realmente consegui aprender os conceitos que havia esquecido, como por exemplo o que é vantagem mecânica. Além disso ainda acho que é um método muito bom para se aprender pois você não se sente tão ‘forçado’ a fazer questões.**

Como experiência pessoal, tive extrema satisfação de trabalhar neste projeto e conciliar a belíssima arte da prática do Judô com a paixão em ensino de Física. Todo o esforço e tempo dedicado me fora recompensado, pois a construção pessoal dos métodos de ensino que levo à sala de aula são sempre reformulados e melhorados com a experiência ganha, inclusive no período de mestrado. Com esse trabalho pude colocar em prática muito do conhecimento adquirido enquanto aluno de mestrado no PPGEICIM e perceber que as teorias se aplicam sim às práticas pedagógicas e, com isso, tive minhas expectativas superadas. Acredito que cada novo trabalho de pesquisa, aumenta as perspectivas da educação e no meu caso em especial, por ser uma proposta que usa um objeto de aprendizagem pouco utilizado, o esporte, sobretudo o Judô, para o ensino de física, julgo que ainda exista muito espaço para pesquisas futuras sobre o tema. Particularmente tenho interesse em ampliar as possibilidades do mesmo. Aplicar essa proposta em turmas maiores, em escola de rede estadual e expandir as possibilidades para o ensino Híbrido, mesclando a sala de aula com o uso de tecnologias digitais.

## REFERÊNCIAS

- ADRIAN, M. J.; COOPER, J. M. **Biomechanics of human movement**. 1 ed. Indianapolis: *Benchmark Press*, 1989.
- AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology. A cognitive view**. Nova York: *Holt, Rinehart and Winston Inc.*, 1968.
- AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. 1 ed. Dordrecht: *Springer*, 2000.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. **A sala de aula invertida: Uma metodologia ativa de aprendizagem**. 1 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos - LTC Editora, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 2000.
- CAMARGO, F.; DAROS, T. **A sala de aula inovadora: Estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. 1 ed. Porto Alegre: Penso Editora, 2018. 144 p.
- CARRARO, F.; PEREIRA, R. **O uso de simuladores virtuais do PhET como metodologia de ensino de eletrodinâmica**. In: Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE: Artigos. Paraná, v. 1, 2014. ISBN: 978-85-8015-080-3. Disponível em: <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospede/pdebusca/producoes\\_pde/2014/2014\\_uem\\_fis\\_artigo\\_francisco\\_luiz\\_carraro.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospede/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uem_fis_artigo_francisco_luiz_carraro.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- COMÊNIO, J. A. **Didática Magna: Tratado da Arte Universal de Ensinar Tudo a Todos**. 4ª. edição. Fundação Calouste Gulbenkan, 1996.
- DEWEY, J. **L'ecole et l'enfant**. 2 ed. Neuchatel, Suíça; Paris, França: Éditions Delachaux, 1922. Lisboa: Fundação Calouste Gulben.
- FRANCHINI, E. **Judô: Desempenho competitivo**. 1 ed. São Paulo: Manole, 2001.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. 51 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015. 143 p.
- GUTIERREZ, F. **Linguagem total: Uma pedagogia dos meios de comunicação**. São Paulo: Summus Editorial, 1978.
- HAKE, R. **Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses**. *American Journal of Physics*, [S.l.], v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998. DOI: 10.1119/1.18809.

HALLYDAY, D.; RESNICK, R. e WALKER, J. **Fundamentals of physics**. 9 ed. John Wiley & Sons, Inc, 2011.

MATTAR, J. **Metodologias Ativas**: para a educação presencial, blended e a distância. 1 ed. São Paulo: Artesanato Educacional, 2017.

MOCHIZUKI, L.; AMADIO, A. C. Aspectos biomecânicos da postura ereta: a relação entre o centro de massa e o centro de pressão. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 77-83, 2003. Disponível em: <[https://rpcd.fade.up.pt/\\_arquivo/artigos\\_soltos/vol.3\\_nr.3/Mochizuki.pdf](https://rpcd.fade.up.pt/_arquivo/artigos_soltos/vol.3_nr.3/Mochizuki.pdf)>. Acesso em: 03 jan. 2019.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação e educação**, São Paulo, n. 2, p. 27-35, jan./abr. 1995. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9125.v0i2p27-35>. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36131/38851>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

MORAN, J. M.; MASETTO, M.; BEHRENS, M. **Mudar a forma de ensinar e de aprender com tecnologias em Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 19 ed. São Paulo: Editora Papirus, 2012. 11-16 p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: A teoria de David Ausubel. 1 ed. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A.; SOUSA, C. M. S. G.; SILVEIRA, F. I. Organizadores prévios como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa. **Cad. pesq.**, São Paulo, n. 40, p. 41-53, fev. 1982.

NOVAK, J. D. Uma teoria de educação. Tradução de M. A. Moreira. São Paulo: Pioneira, 1981. Tradução de: **A theory of Education**. Ithaca, Cornell University Press.

NOVAK, J. D. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento**: Mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Plátano edições técnicas, 1998.

PACHECO, T. A.; DAMASIO, F. Aprendizagem significativa crítica para introduzir conceitos físicos nos anos iniciais do ensino fundamental. In: V ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA – RS, 2013, Porto Alegre. **Anais eletrônicos** [...]. Porto Alegre, 2013. 13 p.

REZENDE, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: Novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 316-337, 2005. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6374/5900>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

ROSA, P. R. da S. O uso de recursos audiovisuais e o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 1, p. 33-49, 2000. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6784/6249>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

SALVADOR, C. C. **Psicologia do ensino**. 1 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

SANTOS, P. N.; AQUINO, K. A. da S. Utilização do Cinema na Sala de Aula: Aplicação da Química dos Perfumes no Ensino de Funções Orgânicas Oxigenadas e Bioquímica. **Química Nova na Escola**, [S.l.], v. 33, n. 3, 2011. Disponível em: <[http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic\\_literatura/filmes/160-RSA02910.pdf](http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic_literatura/filmes/160-RSA02910.pdf)>. Acesso em: 19 dez. 2018.

SANTOS, P. R.; KLOSS, S. A criança e a mídia: a importância do uso do vídeo em escolas de Joaçaba-SC. *In*: XI CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO NA REGIÃO SUL, 2010, Novo Hamburgo. **Anais eletrônicos** [...]. Novo Hamburgo: Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 2010. Disponível em: <http://www.intercom.org.br/papers/regionais/sul2010/resumos/R20-0957-1.pdf>. Acesso em 23 dez. 2018.

STINGLIN, D. **Ensino de Acústica**: Uma sequência didática para auxiliar o ensino de intensidade de frequência sonora, baseada na teoria da aprendizagem significativa. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

TOURÓ, J.; SANTIAGO, R.; DÍEZ, A. **The flipped classroom: Cómo convertir la escuela en un espacio de aprendizaje**. Madrid: Digital-Text - Grupo Oceano, 2014.