

Toni Fernando Mendes dos Santos

**A ROBÓTICA EDUCACIONAL COMO FERRAMENTA NA  
DISCUSSÃO DE CONCEITOS RELACIONADOS ÀS FORÇAS  
DE ATRITO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido ao Curso de Graduação em  
Física da Universidade Federal de  
Santa Catarina para a obtenção do  
Grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo José Sena  
dos Santos.

Florianópolis  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santos, Toni Fernando Mendes dos  
A Robótica Educacional como ferramenta na discussão de  
conceitos relacionados às forças de atrito / Toni Fernando  
Mendes dos Santos ; orientador, Paulo José Sena dos Santos  
- Florianópolis, SC, 2016.  
112 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Físicas e Matemáticas. Graduação em Física.

Inclui referências

1. Física. 2. Ensino de Física. 3. Robótica Educacional.  
4. Forças de atrito. I. Santos, Paulo José Sena dos. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Física.  
III. Título.

Toni Fernando Mendes dos Santos

**A ROBÓTICA EDUCACIONAL COMO FERRAMENTA NA  
DISCUSSÃO DE CONCEITOS RELACIONADOS ÀS FORÇAS  
DE ATRITO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado em Física, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Física.

Florianópolis, 04 de agosto de 2016.

---

Prof. Celso Yuji Matuo, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Paulo José Sena dos Santos, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. José Francisco Custódio Filho, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Lucio Sartori Farenzena, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Este trabalho é dedicado à minha família, em especial, minha esposa Ivani e filha Eduarda.



## AGRADECIMENTOS

Durante muitos anos busquei esse momento, quem me conhece sabe as idas e vindas que tive até chegar aqui, porém quando perseguimos um sonho temos de ir até o final. Ainda não cheguei lá, apenas uma etapa foi alcançada, certamente outras virão trazendo desafios maiores.

Ao olhar o caminho trilhado, as dificuldades enfrentadas, percebo que jamais conseguiria sozinho, muitas pessoas passaram em minha vida e contribuíram para a construção desse momento. Faz-se necessário reconhecer essa ajuda, agradecer.

Não sei muito sobre a vida, porém uma das coisas que sei é que a educação é a base para tudo e o conhecimento que construímos ao longo da vida é algo que não pode ser tirado de nós. Tive uma boa educação, sempre fui muito exigido, aprendi desde cedo que não devemos nos contentar com pouco, que devemos buscar o melhor sempre, mostrar dedicação. Se hoje sou assim, devo aos meus pais, que me mostraram o valor dos estudos.

Contudo, certamente não estaria aqui agradecendo não fosse uma menina que conheci no ano de 2003 e que mudou minha vida. Deu-me uma filha maravilhosa, compartilhou seus sonhos comigo e me ajudou a seguir os meus. Do fundo do coração, agradeço a você, meu amor, Ivani Cristina Voos, pelo apoio incondicional, por sua paciência, sua mão sempre estendida para me reerguer todas as vezes que fraquejava. Agradeço a minha filha, Eduarda Voos dos Santos, por desde cedo compreender meus momentos de ausência, entender o porquê de eu não poder lhe dar toda a atenção que merecia, te amo filha. Agradeço também aos meus sogros por todo apoio, saibam que foram fundamentais nessa conquista e são muito importantes para mim.

Não tenho como deixar de agradecer a Fabiano e Simeri, companheiros do serviço de saúde e segurança do trabalho, que me deram total apoio para voltar aos estudos. Profissionais sensacionais com quem tive o prazer de trabalhar enquanto atuava como técnico de segurança do trabalho.

Agradeço a Deus, por ter me dado a oportunidade de conhecer tantas pessoas especiais nessa caminhada, desde lá da UFSM.

Em meu retorno à graduação, tive a oportunidade de ser recebido pela família PIBID (Programa Institucional de Iniciação à Docência) da Física, onde participei por quatro anos. Esse tempo foi muito importante, de muito aprendizado. A todos meus colegas pibidianos, e não foram poucos, obrigado pelos momentos de alegria, de

descontração, mas também de muito trabalho e empenho. Valeu mesmo galera! Agradeço também a professora Dra. Tatiana da Silva, que durante anos foi coordenadora desse programa e me oportunizou essa experiência sem par.

Ao professor Dr. Paulo José Sena dos Santos, por contribuir em minha formação de diversas maneiras, pois além de ser o atual coordenador do PIBID, atuou como professor em diversas disciplinas durante minha graduação. Agradeço, principalmente, por orientar esse trabalho. Sem palavras professor, és um excelente profissional, dedicado e sempre disponível, vou leva-lo como exemplo.

A todos os professores que de uma maneira ou outra me fizeram crescer, em especial, aos professores de física do Colégio de Aplicação, Alfredo, Reginaldo e Sandra, com quem trabalhei durante anos como bolsista. Obrigado por me acolherem em seu ambiente de trabalho, muito aprendi com vocês, profissionais dedicados e companheiros. Em particular, agradeço ao Reginaldo, por ter aceitado prontamente participar desse projeto, disponibilizando suas turmas, seu tempo e nos auxiliando de todas as formas. Obrigado, grande professor “mercosul”.

Certamente tenho de agradecer um sem número de pessoas, porém, para não correr o risco de esquecer ninguém, agradeço aqui, a todos que me ajudaram, apoiaram-me ou simplesmente torcerem por mim. Meu muito obrigado!

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

(Albert Einstein)



## RESUMO

O desenvolvimento da Ciência e os avanços tecnológicos contribuem significativamente para mudanças na relação entre tecnologia e sociedade. Apesar de produzir modificações na sociedade, novas tecnologias praticamente não se fazem presentes nas escolas, dando a nítida impressão que ali o tempo passa mais devagar, os avanços não chegam. Restringem-se ao uso de computadores para apresentação de simulações, de vídeos, pesquisas, o que também é válido se há um objetivo definido, se as intenções pedagógicas estão claras, mas se pode mais. Estudos apontam que a inserção de novas tecnologias dentro das salas de aula pode propiciar o desenvolvimento de novas práticas docentes, pode gerar melhorias no processo de ensino e aprendizagem. Apesar de potencialmente benéfico, o uso de novas tecnologias deve ser cuidadosamente planejado, pois de outra forma poderá gerar aplicações de caráter puramente tecnicista. Sabe-se que o ensino de Física traz consigo muitos problemas, como excesso de abstrações, falta de interdisciplinaridade, as aulas dentro de uma perspectiva mais tradicional não possibilitam um maior diálogo entre os estudantes, reflexões, prática de argumentação, entre outras coisas. Nesse contexto, a Robótica Educacional traz novas perspectivas, pois apresenta grande potencial para o desenvolvimento de atividades que visam minimizar grande parte desses problemas, além do possível caráter motivacional que seu emprego pode ocasionar. Apesar de a robótica não ser tão recente, sua aplicação ao ensino vem ganhando destaque nos últimos anos. Para contribuir com essa discussão, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver, aplicar e analisar uma sequência de atividades fazendo uso da Robótica Educacional como ferramenta para o ensino de Física, particularmente, na discussão de conceitos relacionados à força de atrito. O trabalho foi aplicado em uma escola pública federal na cidade de Florianópolis, com duas turmas de primeiro ano do ensino médio. Espera-se com esse trabalho, contribuir para o desenvolvimento de novas práticas de ensino e na discussão de inserção de novas tecnologias dentro do espaço escolar.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Robótica Educacional, Forças de atrito.



## ABSTRACT

The development of science and the technological advances contribute significantly to changes in the relationship between technology and society. Even though new technologies have been producing changes in society, they hardly are available in schools. This shows that schools are stuck in time and that advances did not reach there. Teachers are limited to use computers only to display simulations, videos and researches. All this is valid if there is a specific goal or if the educational goals are clear, but they can do more. Researches show that the inclusion of new technologies in the classroom can help the development of new teaching practices. It can generate improvements in teaching and learning. Although the use of new technologies is potentially beneficial, its use must be carefully planned, otherwise it could lead to merely applications of technicism. We know that the teaching of physics has many problems such as excessive abstractions, lack of interdisciplinarity, lack of dialogue among students in traditional classes, lack of brainstorming, no debate practice, among many other things. In this context, the Educational Robotics brings new perspectives, because it has great potential to the development of activities aimed at minimizing many of these problems as well as a possible motivational character that its use can cause. Although the robotics is not a new area, its application in education has been highlighted in the last years. To contribute to this discussion, the goals of this study are develop, implement and analyze a sequence of activities using the educational robotics as a tool for teaching physics, particularly focused in the discussion of concepts related to the frictional forces. The activities were applied in a federal public high school in the city of Florianópolis in two first-year classes. We hope that this work will contribute to the development of new teaching practices and in a discussion about the inclusion of new technologies in school environments.

**Keywords:** Physics Teaching. Educational Robotics. Frictional forces.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação exagerada do modelo para força de atrito baseado nas ideias de Euler.....	38
Figura 2. Atrito segundo ideias de Coulomb.....	39
Figura 3. Modelo de Bowden e Tabor.....	40
Figura 4. Exemplos de gráficos da força de atrito em função da força aplicada. ....	42
Figura 5. Gráfico típico da força de atrito em função do tempo, obtido para o par lâmina de madeira – bloco com base de carpete.. ....	43
Figura 6. Ambiente de programação Ardublock. ....	46
Figura 7. Esquema de montagem da atividade atrito estático. ....	51
Figura 8. Atividade de determinação do coeficiente de atrito estático..	52
Figura 9. Esquema de montagem atividade atrito cinético.....	54
Figura 10. Atividade de determinação de coeficientes de atrito cinético.. .....	54
Figura 11. Modelo para as pistas.....	57
Figura 12. Sarrafo com marcações para referência. ....	58



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Cronograma das aulas. ....	49
Quadro 2. Questões relativas à força de atrito estático.....	52
Quadro 3. Questões relativas à força de atrito cinético. ....	55
Quadro 4. Questões relativas à discussão de conceitos cinemáticos. ....	57



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

IDE – Integrated Development Environment.

LIFE – Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores.

MEC – Ministério da Educação.

OED – Objeto Educacional Digital.

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência.

RE – Robótica Educacional.

SEPEX – Semana de Ensino Pesquisa e Extensão.

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1 OBJETIVOS .....	26
<b>1.1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>26</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>26</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
2.1 AS TECNOLOGIAS E O ENSINO.....	27
2.2 A ROBÓTICA EDUCACIONAL .....	29
<b>2.2.1 Plataformas utilizadas e formas de emprego .....</b>	<b>31</b>
<b>3 O ESTUDO DA FORÇA DE ATRITO .....</b>	<b>37</b>
3.1 UM POUCO DE HISTÓRIA.....	37
3.2 CARACTERÍSTICAS DA FORÇA DE ATRITO .....	39
3.3 DISCUSSÃO GRÁFICA .....	41
<b>4 O TRABALHO COM A ROBÓTICA EDUCACIONAL.....</b>	<b>45</b>
4.1 A ESCOLHA DO ASSUNTO A SER TRABALHADO.....	47
4.2 AS ATIVIDADES .....	48
<b>4.2.1 Cronograma .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2.2 Descrição das atividades.....</b>	<b>50</b>
<b>5 METODOLOGIA .....</b>	<b>59</b>
5.1 ATIVIDADES E COLETA DE DADOS .....	59
<b>6 ANÁLISE .....</b>	<b>61</b>
6.1 DO PERFIL DAS TURMAS.....	61
6.2 DA APLICAÇÃO.....	61
<b>6.2.1 As aulas e as atividades .....</b>	<b>61</b>
<b>6.2.2 Percepções do professor acerca das atividades.....</b>	<b>64</b>
<b>6.2.3 Minhas impressões e reflexões acerca do trabalho desenvolvido .....</b>	<b>66</b>
6.3 DA PRODUÇÃO DOS ALUNOS.....	70
<b>6.3.1 Análise das respostas do relatório da atividade de determinação de coeficientes de força de atrito estático.....</b>	<b>70</b>

<b>6.3.2</b>	<b>Análise das respostas do diário de campo da atividade de determinação de coeficientes de força de atrito estático.....</b>	<b>75</b>
<b>6.3.3</b>	<b>Análise das respostas do relatório da atividade de determinação de coeficientes de força de atrito dinâmico.....</b>	<b>79</b>
<b>6.3.4</b>	<b>Análise das respostas do diário de campo da atividade de determinação de coeficientes de força de atrito dinâmico.....</b>	<b>82</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>91</b>
	<b>APÊNDICE A – Relatório da primeira atividade.....</b>	<b>95</b>
	<b>APÊNDICE B – Relatório da segunda atividade .....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE C – Diários de campo .....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE D – Termo de Assentimento .....</b>	<b>101</b>
	<b>APÊNDICE E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os pais ou responsáveis .....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE F – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os professores.....</b>	<b>109</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Vivemos em um mundo onde o acesso à informação está cada vez mais rápido, atualmente com um simples toque na tela do celular conseguimos fazer coisas que anteriormente eram inimagináveis, pesquisamos, filmamos, conversamos em vídeo com pessoas que podem estar do outro lado do mundo. A todo o momento novas tecnologias estão sendo desenvolvidas, algumas ganham espaço no nosso cotidiano, outras não estão acessíveis diretamente a nós, mas contribuem nas indústrias, na pesquisa de ponta em diversas áreas do conhecimento.

Os computadores dentro de poucas décadas após sua criação passaram de grandes máquinas que ocupavam toda uma sala, que funcionavam com válvulas enormes, a pequenos objetos portáteis com milhões de transistores, capazes de processar uma infinidade de dados, de informações. Poderia até soar como brincadeira não fosse verdade, mas os processadores, os hardwares que os nossos celulares atuais possuem, são incrivelmente mais poderosos do que aquele que ajudou o homem a chegar a Lua. Mas o que isso tem a ver com a educação? Muita coisa.

Os avanços tecnológicos transformam as relações entre sociedade e tecnologia (SENA DOS ANJOS, 2008), como, por exemplo, as relações de trabalho e sociais. As tecnologias impactam a sociedade para o bem ou para o mal e os alunos fazem parte dessa sociedade em constante mudança, entretanto a evolução que estamos presenciando em quase todas as áreas não está sendo acompanhada dentro das escolas. Há deste modo, uma necessidade emergente em alinhar o ensino às novas exigências da sociedade, pois cada vez mais, a tecnologia passa a ocupar destaque na vida das pessoas (TRENTIN; PÉREZ; TEIXEIRA, 2013).

Os alunos, cercados dos diferentes meios de comunicação, das mais diversas tecnologias, apresentam-se cada vez menos motivados a enfrentarem uma jornada de estudos. E por que deveriam se as salas de aula não são nada atrativas comparadas ao que estão expostos fora dela? A tarefa de chamar e manter a atenção, motivar e instigar os estudantes, que já é difícil na sua essência, ganha novas proporções quando o assunto é o Ensino de Física.

Podemos, também, refletir acerca da postura docente em relação ao processo de ensino e aprendizagem. Geralmente as aulas de física são ministradas dentro de uma abordagem considerada mais tradicional, preponderantemente expositiva, o que acaba não oferecendo tantos espaços para diálogo entre os alunos, e quando esse existe, não se apresenta com uma finalidade didática. A proposição de situações

capazes de gerar reflexões, momentos para troca de ideias, de experiências, o exercício da argumentação não são comuns de ocorrer em aulas com esse tipo de abordagem, e tal contexto pode gerar desestímulo por parte do estudante. Não queremos dizer que uma abordagem tradicional não tenha seus méritos, porém devemos estar abertos a discutir outras possibilidades e tentar novos caminhos visando ganhos para o ensino.

Outro fator que pode contribuir para um afastamento dos estudantes em relação à Física provém da falta de entendimento acerca das diversas abstrações e idealizações utilizadas. Os modelos empregados para explicação dos fenômenos apresentam-se com inúmeras idealizações, aproximações e limitações de aplicação, contudo, tais modelos geralmente não são explorados pelo professor, não são explicados aos alunos os motivos de não se considerar todas as variáveis envolvidas no processo. Isso faz a Física escolar apresentar-se amplamente desconectada de suas vidas.

Somado a isso, temos que, em uma situação real, faz-se necessário a apropriação de conhecimentos em várias áreas distintas para a resolução de um problema e esses não se apresentam fragmentados em suas respectivas áreas, mas ligados através de um contexto, de uma situação. A falta de ligação com outras disciplinas, a compartimentalização dos conhecimentos, e esse não é somente um problema da Física, culmina frequentemente em perguntas, como: “Mas onde é que eu vou usar isto? Para que preciso aprender aquilo?”. Os alunos não são capazes de transpor os conhecimentos ensinados na teoria para situações práticas e apesar de muitos conseguirem passar por todo o ensino básico, a Física, dentro dessa percepção, continua não fazendo parte de suas vidas.

Os alunos parecem não perceber a existência de uma relação entre aquilo que aprendem nas aulas de ciências e os problemas formulados fora dela. O conteúdo escolar lhes parece adaptado na resolução de exercícios-padrão e na realização de provas, isto é para satisfazer as expectativas dos professores na sala de aula. A dicotomia gerada entre o conhecimento escolar e o conhecimento do cotidiano desqualifica o primeiro conferindo-lhe apenas um status de “verniz” cultural. (PIETROCOLA et al, 2000, p.101)

Tais problemas são bastante complexos e difíceis de serem solucionados. Nesse sentido, pretendemos contribuir para o debate, procurando alternativas que visem mitigar algumas das dificuldades por hora elencadas e suavizar o degrau que existe entre a escola e a tecnologia presente no cotidiano dos alunos.

Atualmente quando falamos em processo de ensino-aprendizagem não estamos mais pensando no aluno como uma folha em branco a ser preenchida pelo professor, grande parte dos pesquisadores da área de ensino defendem que a educação é resultante de um processo interativo e não unilateral, ou seja, uma visão construtivista, onde o conhecimento não é mais “depositado” na cabeça do aluno, mas construído por esse ao longo de um processo, e tal conhecimento chega mediado pelo professor que define quais ferramentas e estratégias usará para atingir esse objetivo. Como bem destacam Rouxinol et al (2011), o crescente aumento dos recursos e inovações tecnológicas propiciam que novas situações de aprendizagem sejam cada vez mais consideradas. Nesse sentido, diferentes ferramentas e estratégias devem ser pensadas e a Robótica Educacional (RE) apresenta-se como uma ferramenta de grande potencial para melhorar este cenário.

Neste trabalho procuramos explorar as potencialidades da RE com objetivo de discutir conceitos relacionados às forças de atrito, propondo além das atividades com os kits, questões problematizadoras que visavam promover a prática da argumentação, a reflexão, a criticidade e o trabalho em grupo.

O primeiro capítulo traz um pouco da nossa reflexão acerca de alguns problemas encontrados no ensino de Física e iniciamos a discussão sobre como as novas tecnologias podem nos auxiliar. No segundo, buscamos tecer breves comentários acerca das novas tecnologias e o ensino, onde abordamos a Robótica Educacional comentando sobre as principais plataformas utilizadas e como essa ferramenta está sendo empregada no ensino de Física. No terceiro capítulo focamos na força de atrito, tema trabalhado, onde trazemos um pouco do estudo histórico, discutimos brevemente alguns modelos que buscam explicar sua origem e algumas de suas propriedades. No quarto, apresentamos a proposta de trabalho e as atividades desenvolvidas. Nos dois últimos, comentamos sobre a metodologia da pesquisa, a análise referente à aplicação das atividades com nossas primeiras impressões, assim como, a análise das produções dos alunos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar como o uso da Robótica Educacional pode contribuir para a aprendizagem de conceitos relacionados à força de atrito.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver atividades e situações problematizadoras para discussão da força de atrito através da robótica educacional.
- Identificar se atividades com potencial para estimular o pensamento, a criatividade, o trabalho em equipe e a criticidade, podem auxiliar na compreensão de conceitos relacionados à força de atrito.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Ensino de Física não é algo trivial, pelo contrário, é bastante complexo. Certa vez, o famoso físico norte americano Richard Feynman, ao falar do ensino de Física no Brasil, disse que estudamos Física sem muitas vezes entendermos a natureza do que está sendo estudado. Falou que, de um modo geral, sabemos responder muito bem certas perguntas de alguma forma pré-estabelecidas e treinadas, mas que ao sermos questionados de forma diferente, quando somos levados a interpretar um fenômeno dentro de sua observação na natureza, a mesma pergunta pode ser feita, agora sob outra forma, para não mais sabermos responder como antes (FEYNMAN, 2006).

Isso tem muito a ver com o que estamos discutindo aqui, pois no fundo estamos refletindo como trabalhar de uma maneira que os conceitos tornem-se mais claros, que os alunos consigam compreender melhor o que está acontecendo, o fenômeno, enfim, que o conhecimento chegue de uma forma menos abstrata, que eles consigam entender e aplicar o que aprenderam, sendo capazes de relacionar a discussão realizada em sala de aula com o cotidiano.

Hoje em dia contamos com inúmeras teorias de aprendizagem, teorias cognitivas, do conhecimento, teorias que podem contribuir para uma melhor prática docente, no entanto, porque ainda existem tantos problemas dentro do Ensino de Física? Por que essa disciplina encontra-se tão mal quista entre a maioria dos alunos?

Certamente não teremos as respostas, mas algumas questões sempre voltam à tona. A falta de interdisciplinaridade, a grande abstração das situações sem maiores discussões do porque utilizar esse e não outro modelo, entre outras, como a própria falta de reflexão sobre a prática docente são apenas alguns dos problemas que podem ser encontrados no Ensino de Física. Sabemos que os resultados de pesquisas em ensino não são algo de aplicação imediata, mas a pergunta ainda continua válida.

Dessa forma, tentando refletir sobre os problemas levantados, sobre a prática docente, propomo-nos a discutir sobre como as novas tecnologias podem contribuir para uma melhora no processo de ensino e aprendizagem.

### 2.1 AS TECNOLOGIAS E O ENSINO

Conforme Sena dos Anjos (2008), desde muito cedo o homem fez uso da tecnologia para se comunicar, sendo a escrita e a oralidade as

primeiras desenvolvidas para isso. Certamente, quando falamos em educação, essas tecnologias ainda são utilizadas em alto grau, porém ao longo da história outras foram sendo desenvolvidas e algumas com grande possibilidade de incorporação à realidade escolar.

A Ciência caminha de forma entrelaçada à sociedade, modificando-a e ao mesmo tempo se modificando. Os grandes avanços tecnológicos não passam despercebidos dessa sociedade, mas ao mesmo tempo parecem encontrar barreiras ao passar pelos muros das escolas. A razão para o emprego tímido das tecnologias pode ser diversa e não será analisada nesse trabalho.

Quando falamos do uso da tecnologia dentro das salas de aula, uma das mais empregadas certamente é o computador, que pode ser utilizado nos mais diversos contextos. Atualmente com o desenvolvimento dos Objetos Educacionais Digitais (OED) que acompanham alguns livros didáticos, o emprego dos computadores ficou mais evidente. O aparecimento de novas mídias, o desenvolvimento das lousas digitais, o uso de recursos como *datashow*, o desenvolvimento constante de simuladores, de jogos educacionais, a oportunidade de utilização de aplicativos em *smartphones*, entre tantas outras opções, devem de certa forma levar o professor a repensar sua práxis, visando incorporar aos poucos e de maneira planejada essas novas possibilidades que se apresentam.

Foi a partir da década de 70 com o advento do microprocessador<sup>1</sup> que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) “passaram a protagonizar transformações sociais, econômicas, políticas, culturais e ambientais, mostrando-se como elemento chave da sociedade moderna” (LIMA, 2009, p. 20). E a cada nova década o computador ganhava mais espaço, tornava-se mais amigável em relação à interface com o usuário e com o estabelecimento da grande rede mundial de computadores, a WWW (*World Wide Web*), a busca por informações, o acesso aos mais variados bancos de dados ficou mais rápida.

Porém, o uso dos computadores ou de qualquer outra tecnologia por si só não basta.

Diante de informações acessadas pelos alunos nas redes de comunicação, cabe ao professor, pedagogicamente, enriquecê-las, atribuindo-lhes

---

<sup>1</sup> Microprocessador é um dispositivo eletrônico que possui função de cálculo lógico e aritmético, gerenciamento de memória e controle de entrada e saída de informações em um computador.

significados, relacionando-as com outros conteúdos, com a cultura dos aprendizes e suas experiências de vida. (SENA DOS ANJOS, 2008, p. 574).

Atualmente temos um novo recurso à disposição dentro de um contexto de ensino, a Robótica Educacional, que assim como os computadores ou qualquer outra tecnologia, terá na figura do professor um papel fundamental, qual seja, de instigador, mediador, articulador de todo o processo. O professor será o principal responsável por articular as interações, de promover os discursos dentro das aulas, deverá refletir sobre como transformar todo o potencial dessa ferramenta em benefícios pedagógicos, enriquecendo o processo de ensino e aprendizagem.

Independente da tecnologia escolhida, devemos ter em mente que, apesar delas propiciarem novas oportunidades, de se constituírem como novos dispositivos com potencial para afetar os processos e relações dentro da sala de aula, poderão em contrapartida oferecer um grande desafio ao professor, pois requererá dele novas competências além de uma postura diferenciada (SENA DOS ANJOS, 2008).

Em relação ao uso das tecnologias, temos ciência que não apenas a prática docente deve ser refletida e discutida, como também a organização curricular, porém, não adentraremos nesse aspecto.

## 2.2 A ROBÓTICA EDUCACIONAL

A definição de RE é bastante ampla dentro da literatura. Uma das definições mais abrangentes e que iremos utilizar é a encontrada no Dicionário Interativo da Educação Brasileira (2004), onde Robótica Educacional seria um:

Termo utilizado para caracterizar ambientes de aprendizagem que reúnem materiais de sucata ou kits de montagem compostos por peças diversas, motores e sensores controláveis por computador e softwares que permitam programar de alguma forma o funcionamento dos modelos montados. (DICIONÁRIO INTERATIVO DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA, 2004).

Podemos pensar: qual a seria a diferença entre a RE e uma atividade laboratorial automatizada que comumente ocorre nos laboratórios de física? A diferença está nas ações desempenhadas pelo

aluno. Em atividades envolvendo RE são os estudantes que pensam, discutem, manipulam e, principalmente, programam os modelos montados, enquanto nas demais atividades, a programação não compete a eles.

A robótica em si não é uma área tão nova, porém sua aplicação à educação é bastante recente, inclusive no cenário internacional, apresentando grande potencial para exploração (ROUXINOL et al, 2011).

Além do caráter motivacional, a RE é apontada como sendo capaz de abordar diversos objetivos de ensino através de uma ampla gama de disciplinas e por possuir fortes características experimentais pode apoiar inovadoras abordagens construtivistas de ensino e aprendizagem (FRANGO et al, 2008).

Para Trentin, Pérez e Teixeira (2013) ela pode ser “uma ponte de ligação interdisciplinar visando à construção de conhecimento coletivo através da aplicação com a realidade”. Mitnik et al (2009) sugerem que a robótica seria um caminho natural a ser utilizado no Ensino de Física, principalmente por meio de atividades experimentais, pois o uso de dispositivos eletromecânicos capazes de interagir com o mundo sob o comando dos alunos, gera afastamento de uma abordagem mais abstrata de ensino, i.e., os objetos agora não estão mais no quadro, mas nas mãos dos alunos que podem aprender através da experimentação, manipulando, observando e discutindo sobre o que está acontecendo.

Deste modo, entendemos que há fortes indicações de que a robótica possa ser uma ferramenta para nos auxiliar nas dificuldades apontadas, como a falta de conexão com a realidade, de motivação dos alunos e interdisciplinaridade. Em relação à conexão com a realidade, Miranda e Suanno (2009) afirmam que a interação do concreto (robô – e aqui também podemos colocar quaisquer outros dispositivos) e o abstrato (programa) numa mesma situação, propiciam ao aluno observar a ação de seu raciocínio sendo executado em um artefato físico.

As atividades utilizando a robótica podem ser realizadas em grupo, situações problema podem ser propostas e através da discussão e da troca de ideias, soluções poderão ser criadas. O mais importante é criar a condição para a discussão, tanto entre alunos, como entre aluno e professor, pois o caráter interativo e comunicativo do processo educativo poderá contribuir para a promoção do desenvolvimento do indivíduo (MIRANDA; SUANNO, 2009).

Apesar dos potenciais benefícios que a RE possa proporcionar, cabe refletirmos sobre o que alerta Sena dos Anjos (2008):

[...] a simples existência dessas novas tecnologias num processo didático-pedagógico, não o torna mais rico, estimulante, desafiador e significativo para o aprendiz. Não saber adequar o uso pedagógico das novas tecnologias, significa permanecer tradicional usando novos e emergentes recursos. (SENA DOS ANJOS, 2008, p. 573).

Embora o citado autor não se refira diretamente a RE, mas ao uso das novas Tecnologias de Informação e Comunicação, podemos generalizar e estender suas palavras para o emprego da robótica em sala de aula, uma vez que não basta termos mais uma ferramenta à disposição, faz-se necessário mudar a postura docente. Tal posição é reforçada por Schivani e Pietrocola (2012) que demonstram preocupação com o uso inadequado dessa ferramenta. Salientam que se o professor não souber adequá-la pedagogicamente, pode desenvolver atividades que reforcem apenas o uso limitado de técnicas para o cumprimento de determinadas tarefas, ou seja, com carácter tecnicista, deixando de lado a componente conceitual e toda riqueza proveniente de um processo argumentativo na construção desses conceitos.

Logo, caberá ao professor o principal papel: o de mediador, articulador de todo o processo, que terá como centro os alunos dentro de uma dinâmica colaborativa.

### **2.2.1 Plataformas utilizadas e formas de emprego**

Ao refletirmos sobre o emprego da RE, devemos também observar o custo financeiro que ela irá demandar. Cabe termos em mente que nem sempre sua aquisição é viável, ainda mais se formos levar em consideração o valor de alguns kits proprietários disponíveis no mercado e a situação das escolas em nosso país. As plataformas mais comuns empregadas são a Arduino e os kits da LEGO®, cada uma com suas potencialidades e limitações, flexibilidades de componentes e programação, e com custos que podem diferir bastante.

Uma alternativa para tornar essa ferramenta acessível é o uso da robótica livre, onde a placa Arduino é empregada, havendo maior liberdade para programação, assim como a aquisição de sensores e

atuadores<sup>2</sup> pode ser feita através da reutilização de peças provenientes de eletroeletrônicos descartados, o que reduz severamente os custos.

Nesse trabalho utilizamos a Arduino, porém não se fez necessário o emprego de materiais provenientes de descarte, pois a escola onde o projeto foi desenvolvido possui acesso a kits estruturais e de robótica para a realização das atividades propostas. Os kits foram adquiridos da empresa Atto Educacional, mas apesar de se tratar de um kit proprietário, traz a possibilidade de ampliar o uso desse material com componentes eletroeletrônicos das mais diversas origens, sem ficar na dependência de uma única empresa.

Como tínhamos por objetivo a elaboração e aplicação de atividades envolvendo robótica, durante a fase de estudos, observamos, dentre os trabalhos encontrados, quais as formas essa ferramenta vinha sendo empregada, assim como os possíveis resultados obtidos pelos pesquisadores. Percebemos que ela poderia assumir mais de um papel, dependendo principalmente das intenções pedagógicas do professor e do seu posicionamento frente ao uso da tecnologia.

Em linhas gerais, podemos dizer que a robótica poderá adquirir um caráter mais prático ao ser empregada para coleta de dados de forma automatizada, como também poderá ser utilizada de forma conjunta com questões semiabertas, onde os alunos poderão escolher algumas das variáveis que desejam observar, podendo ser levados a refletir sobre determinados aspectos do fenômeno em questão, ou então, numa perspectiva que envolva questões abertas, inseridas através de situações que visem problematização de um ou mais conceitos.

Dessa forma, podemos classificar o emprego da RE dentro de duas grandes vertentes: coleta de dados ou em situações problematizadoras. Vamos discutir um pouco cada uma delas.

Quando utilizada para coleta automática de dados em atividades experimentais, contribui, entre outros fatores, para a celeridade nos processos de aquisição de informações, aumentando o tempo que o professor tem para discutir aspectos físicos envolvidos no fenômeno analisado, além de poder utilizar esses dados para trabalhar habilidades gráficas com os alunos aproveitando-se de outros contextos propiciados pelo uso da robótica.

---

<sup>2</sup> A diferença básica entre sensor e atuador é que o primeiro capta informações do meio e passa para a placa em forma de pulsos elétricos, enquanto o segundo transforma as informações vindas da placa (pulsos elétricos) em outras formas de energia (movimento, luz, som, etc.).

Por exemplo, em relação à cinemática, os educandos experimentam uma série de dificuldades ao tentar realizar conexões entre gráficos, conceitos físicos e o que está acontecendo na prática, isto é, o movimento que aquelas informações estão representando (LINN; LAYMAN; NACHMIAS, 1987, apud MITNIK et al, 2009; McDERMOTT et al, 1987, apud MITNIK et al, 2009). Isso pode ser mais bem trabalhado utilizando-se a RE, uma vez que os estudantes poderiam estar observando o movimento realizado por um carrinho e a coleta de dados em tempo real, contribuindo para uma melhor compreensão de conceitos como velocidade, aceleração, etc..

Entretanto, devemos ter em mente que o emprego da RE em situações de ensino não acabará com todos os problemas e seu uso poderá levantar outras dificuldades que deverão ser superadas. Conforme destaca Fortes (2007), também emergem dificuldades na interpretação de gráficos quando os alunos interagem dentro de um ambiente robótico, mas esse cenário torna possível a conexão entre diversas representações.

Utilizando a RE nesse viés dentro do ensino de Mecânica, temos como exemplo o trabalho de Trentin, Perez e Teixeira (2013) que, utilizando a placa Arduino, confeccionaram um carrinho com materiais de baixo custo para discutir movimento retilíneo através de coleta de dados e construção de gráficos. Os autores construíram um plano inclinado ajustável com diversos ímãs em pontos espaçados no decorrer do plano, conectaram sensores magnéticos e transmissores de radiofrequência na placa Arduino que estava acoplada no carrinho, de modo a, durante sua descida pelo plano inclinado, captar as flutuações do campo magnético e enviar esses dados em tempo real para o computador, possibilitando posteriormente a construção de gráficos, análise e discussão dos resultados. Eles destacam o uso da Robótica Educacional Livre como uma ferramenta capaz de ampliar a capacidade de ensino e o aprendizado multidisciplinar que o aluno pode vir a ter com o experimento.

A segunda possibilidade é o Ensino de Física através de situações problematizadoras envolvendo questões abertas ou semiabertas valendo-se dos recursos oferecidos pela RE, onde os alunos tentarão, em grupos, discutir e encontrar soluções para as atividades propostas. Durante as atividades espera-se o surgimento de discussões do tipo aluno-aluno, professor-aluno, onde de forma mais natural conceitos necessitarão ser aprendidos, discutidos e aprofundados.

Dentro de uma perspectiva construtivista, a RE possibilitaria uma interação maior entre os sujeitos e entre eles e o objeto do conhecimento

(TRENTIN; PÉREZ; TEIXEIRA, 2013). Fatos como a mudança de postura do aluno de passivo a ativo, algo difícil de ser alcançado nos moldes mais tradicionais, o caráter motivador das atividades, uma abordagem diferenciada das experimentações nas aulas de Física, são pontos positivos encontrados no uso da RE dentro desse viés.

Problemas encontrados no cotidiano podem e devem ser levados para as problematizações. A maneira como as atividades são propostas deve conduzir os alunos a, não somente resolver o problema, mas discutir possibilidades, raciocinar sobre o que está acontecendo, utilizar conhecimentos prévios e adquirir novos para completar a tarefa.

Nessa perspectiva, temos o trabalho dos professores Schivani e Pietrocola (2012) que, baseando-se na Teoria Antropológica do Didático (TAD), pesquisaram como, utilizando a RE em Ensino de Física, poder-se-ia desenvolver atividades que tivessem um bom grau de relação com a realidade e com as quais se pudessem ter “pretensões reais de ensinar conceitos e tópicos de Física” (SCHIVANI; PIETROCOLA, 2012, p.4). No referido trabalho foi desenvolvida e apresentada uma atividade onde foi construída uma empilhadeira com material do kit Lego® e com a qual se poderia discutir os fatores que influenciam o transporte de cargas. O resultado apontado pelos autores é de que os recursos oferecidos pela RE podem ser utilizados quando se objetiva estimular o aluno a refletir e interligar teoria e prática, desde que tal ferramenta seja utilizada de forma adequada.

Outro trabalho que merece atenção, principalmente por apresentar uma proposta didático-metodológica, é o dos autores Trentin et al (2015) que, utilizando materiais de baixo custo e um software livre, produziram uma sequência de atividades com o objetivo de desenvolver habilidades metacognitivas com o uso da RE, e para tal escolheram discutir conceitos de cinemática. Como os autores argumentam:

Associada à importância da inserção da robótica na escola, destaca-se a pertinência de atrelá-la a propostas de uso metodológico fundamentadas em pressupostos teóricos que a justifiquem como recurso potencializador da aprendizagem, possibilitando ultrapassar a dimensão de que o estudante recebe conhecimento; afinal, ele precisa interagir com esse conhecimento, construindo-o a partir de seus saberes anteriores. (TRENTIN et al, 2015, p. 276)

Ou seja, o aluno deve refletir sobre o que está aprendendo, sobre o que está pensando, como uma forma de aprender. Na proposta didático-metodológica são trabalhados, através da confecção de carrinhos parametrizáveis e pista de obstáculos, conceitos como: deslocamento, caminho percorrido e velocidade média. Nesse trabalho não consta a aplicação da sequência, contudo os autores dizem acreditar no “potencial da robótica como uma possível estratégia permanente e abrangente de aprendizagem interdisciplinar, possibilitando a interação entre várias áreas do conhecimento e em vários níveis de ensino, dos anos iniciais à pós-graduação” (TRENTIN et al, 2015, p. 289).

Há também trabalhos como de Fornaza e Webber (2014) que desenvolveram atividades com alunos de 5ª série com o intuito de identificar e desestabilizar concepções prévias sobre gravidade, movimento e força de atrito, e cujos resultados julgaram satisfatórios.

Através dos referenciais levantados, percebe-se que, apesar do crescente número de trabalhos na área, ainda se tem muito a pesquisar, muito a se refletir sobre o uso da RE em sala de aula, em especial, quanto ao seu uso em Ensino de Física.

Lima e Ferreira (2015) após realizarem um levantamento das produções acadêmicas em revistas, eventos da área de Ensino de Ciências e no banco de teses e dissertações no portal de periódicos da CAPES/MEC, procurando trabalhos versando sobre Robótica Educacional entre os anos de 2005 a 2014, encontraram quarenta e uma publicações nesse período de dez anos. Desse montante, apenas onze tinham por objetivo o ensino de conceitos físicos através da RE, o que representa número pouco expressivo. Os autores também apontaram número reduzido de trabalhos, oito publicações, que dedicaram reflexões sobre a potencialidade da robótica no desenvolvimento de competências, tais como: liderança, trabalho em equipe, criatividade, autonomia, tomada de decisões, etc. (LIMA; FERREIRA, 2015). Desta forma, faz-se importante pesquisas nessa área ainda em desenvolvimento.



### 3 O ESTUDO DA FORÇA DE ATRITO

Apesar de desempenhar um papel importante no nosso cotidiano, até meados da década de cinquenta havia pouco estudo sobre as forças de atrito. Por ser uma força bastante complexa, ainda hoje não temos uma clara compreensão a seu respeito (FEYNMAN, 2008), além do fato de sabermos tratar-se de uma interação eletromagnética.

Apesar de ser tratada de forma trivial, uma análise mais detalhada mostra que o estudo das forças de atrito pode ser bastante rico e interessante. Como nosso trabalho tem como objetivos discutir aspectos relacionados a essas forças, faz-se interessante explorarmos alguns tópicos acerca desse assunto.

Nesta seção discutiremos um pouco sobre as forças de atrito, abordando brevemente alguns aspectos históricos, assim como buscaremos destacar algumas características importantes.

#### 3.1 UM POUCO DE HISTÓRIA

Desde tempos remotos o homem observa os efeitos do atrito. Feito de modo adequado, o roçar de dois pedaços de madeira seca podia resultar na produção de fogo, algo que se mostrou fundamental para obtenção de fontes de calor e proteção contra predadores. Civilizações antigas como as egípcias também estudavam formas de minimizar o esforço no transporte de grandes cargas, uma vez que pedras gigantescas precisavam ser transportadas de um ponto a outro. Embora não houvesse rigorosa investigação científica, empiricamente constatava-se que o deslocamento desses blocos era facilitado com a utilização de líquidos (água ou gordura animal) em comparação com o deslizamento sobre a superfície seca, o que poderia diminuir a perda de escravos envolvidos nesse tipo de atividade (SILVEIRA JÚNIOR; TEDESCO; QUEIROZ, 2005).

Registros apontam que os primeiros estudos sistematizados sobre as forças de atrito datam do século XIV, cuja autoria deve-se a Leonardo Da Vinci (1452-1519). Analisando o fenômeno, ele percebeu que o atrito entre duas superfícies dependia da compressão que os corpos faziam um sobre o outro, mas não da área de contato entre eles. Apesar de falarmos em compressão de uma superfície, o que remete à força normal, Da Vinci acreditava que o atrito dependia do peso do objeto, entretanto, normal e peso nem sempre estabelecem relação. Seus estudos não se tornaram públicos.

Outros trabalhos, como o do físico francês Guillaume Amontons (1663 -1705), corroboravam as observações de Da Vinci, assim como indicavam diferenças entre a força de atrito para um objeto parado e em movimento sobre uma superfície. Amontons também verificou que a força de atrito era independente da área, mas dependia da compressão que uma superfície exercia sobre a outra. Observou, entre outras coisas, que o atrito diminuía quando a superfície era lubrificada.

Uma das primeiras tentativas de explicar o atrito surgiu nos trabalhos do cientista e matemático suíço Leonhard Euler. Trabalhando com o plano inclinado, Euler analisou o mecanismo de deslizamento de um corpo e propôs que o atrito poderia ser proveniente das rugosidades presentes nas superfícies, i.e, as rugosidades presentes tanto no objeto quanto no plano poderiam ser a explicação para a força de atrito (SILVEIRA JÚNIOR; TEDESCO; QUEIROZ, 2005).

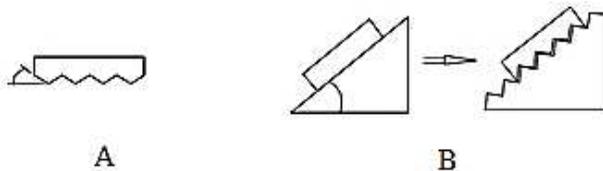


Figura 1. Representação exagerada do modelo para força de atrito baseado nas ideias de Euler. Fonte: SILVEIRA JÚNIOR, TEDESCO, QUEIROZ, 2005.

Assim, para Euler, o que dificultava o movimento eram esses encaixes entre as superfícies (Figura 1-A). Um objeto sobre um plano inclinado entraria na iminência de movimento quando a inclinação fosse tal que as faces das rugosidades ficassem horizontais (Figura 1-B). Deste modo, através de análises geométricas chegou à conhecida relação entre o coeficiente de atrito estático e o ângulo de inclinação do plano:

$$\mu_e = tg(\theta) \quad (1)$$

Propôs, também, que a força de atrito era diretamente proporcional ao módulo da força normal:

$$|\vec{F}_{at}| = \mu \cdot |\vec{N}| \quad (2)$$

Onde,  $\mu$  seria a constante de proporcionalidade.

Charles Augustin Coulomb, conhecido pelos estudos em eletricidade, também se dedicou à análise das forças de atrito, chegando

a propor quatro leis, sendo que algumas dessas relacionavam o tempo de permanência de contato entre duas superfícies com a intensidade da força de atrito.

Engenheiro de formação, Coulomb também era um excelente físico experimental. Das suas experiências envolvendo atrito, chegou à mesma relação entre força de atrito e normal dada pela equação (2), assim como afirmava que a força de atrito cinético independia da velocidade (DIAS, 2007).

A explicação de Coulomb para o atrito era semelhante à proposta por Euler, ou seja, seria proveniente do encaixamento das rugosidades das superfícies (TORRES, 2001).

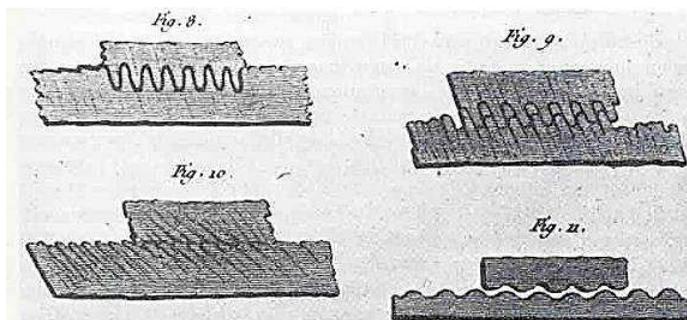


Figura 2. Atrito segundo ideias de Coulomb. Fonte: TORRES, 2001.

Apesar de possuírem semelhanças, o modelo de Euler teve mais sucesso por ser mais simples e também fornecer explicações para o fenômeno (MENDONÇA, 2010).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DA FORÇA DE ATRITO

Nas escolas e até mesmo em nível de graduação, continuamos estudando o atrito com base no modelo de Euler, pois esse apresenta resultados satisfatórios para a maioria dos casos e oferece uma explicação relativamente simples para origem dessa força.

Como vimos, observações empíricas da época indicavam algumas características para o atrito, quais sejam: era uma grandeza independente da área de contato e também da velocidade relativa com que uma superfície deslizava sobre a outra, assim como, a intensidade dessa força era diferente em situação de repouso e movimento.

Apesar de ser uma boa aproximação para a maioria dos casos, deve-se ter em mente que a expressão dada pela equação (2) não se trata

de uma lei, logo sua violação não é um problema. O mesmo acontece para a questão da independência em relação à área. Aqui, em particular, devemos nos perguntar de qual área estamos falando: o atrito não estabelece relação com a área de contato aparente ou com a área real? Para a grande parte dos casos, independe da área de contato aparente, embora mantenha dependência com a real, e nesse caso, estamos adentrando em nível microscópico.

Na década de 50, Bowden e Tabor elaboraram um modelo que explicava o atrito pela adesão entre as superfícies em contato, onde a força era proporcional à área real (SILVEIRA JÚNIOR; TEDESCO; QUEIROZ, 2005). Observaram que, apesar da área de contato real ser independente do tamanho da superfície, apresentava proporcionalidade direta à força normal, fato já conhecido dos estudos anteriores.

Nos modelos de Euler e Coulomb, a força de atrito tinha origem nas irregularidades entre as superfícies que se encaixavam, porém, Bowden e Tabor julgaram improvável esse encaixe. Para eles, provável era haver situações de incomensurabilidade, i.e, não haveriam esses encaixes, sendo assim, a área de contato real seria muito menor do que a aparente.

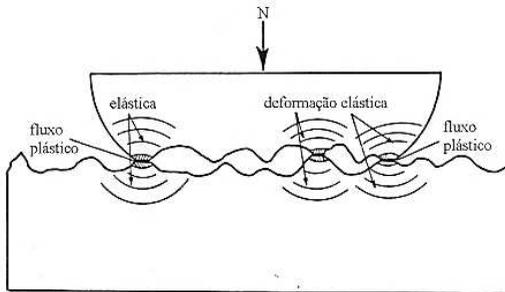


Figura 3. Modelo de Bowden e Tabor. Fonte: TORRES, 2001.

Para Bowden e Tabor, o contato entre as superfícies produz uma pressão tal, que faz com que os pontos de contato percam suas propriedades elásticas, passando a adquirir propriedade plástica, podendo, assim, “fluir e ajustar sua seção transversal a fim de suportar a carga aplicada” (TORRES, 2001, p.15). Assim, quanto maior a normal, mais pontos em contato devido a essa acomodação.

Para o atrito gerado entre superfícies sólidas, temos uma independência em relação à área aparente, porém, alguns materiais como os polímeros, onde incluímos a borracha dos pneus de carros, a

força de atrito depende da área aparente, inclusive podendo mostrar fraca dependência com outros parâmetros como temperatura e velocidade relativa entre as superfícies em contato (PORR, 2009, p.11).

Inicialmente, “acreditava-se que as asperezas dos materiais soldavam-se e eram então cisalhadas devido ao escorregamento relativo entre as superfícies” (PORR, 2009, p.12). No entanto, hoje se sabe que não é necessária a ocorrência dessas “soldas” para a existência de atrito.

Atualmente contamos com modelos que tentam explica-la em escala manométrica. Um exemplo é o proposto por Tomlinson em 1929 que, apesar de anterior ao de Bowden e Tabor, complementa pontos não esclarecidos por esse, como é o caso de surgir o atrito sem a ocorrência de força de adesão.

Segundo o modelo de Tomlinson, quando duas superfícies interagem, átomos que estão próximos à superfície podem “entrar em movimento pela ação deslizante dos átomos da superfície oposta” (NEIDE, 2011, p.31), i.e, o atrito poderia ter uma origem fonônica<sup>3</sup>. Isso significa, que nem sempre precisa haver adesão e conseqüentemente, ruptura das ligações entre os pontos das superfícies, conforme modelo de Bowden e Tabor.

Outra característica da força de atrito é a questão da mudança que ocorre em sua intensidade quando passa de estático para dinâmico, geralmente há uma redução. Quando tal propriedade é abordada em sala de aula, é tratada como algo sempre válido, ou seja, o atrito estático é apresentado como sendo sempre maior que o dinâmico, o que não é verdade<sup>4</sup>. Não entraremos em detalhes, no entanto, convém ressaltar que, quando discutimos certos conceitos, não devemos dar um caráter tão fechado, definitivo e certo, de tal forma que os alunos não reflitam sobre a existência de situações fora das generalidades.

### 3.3 DISCUSSÃO GRÁFICA

Podemos definir atrito como uma força que resiste à tendência ao movimento ou se opõe ao movimento de deslizamento. Uma das formas de classificar essa força é quanto à situação cinemática, assim podemos ter atrito estático ou dinâmico, também chamado de cinético.

---

<sup>3</sup> Relativa aos fônons, uma excitação mecânica, um quantum de vibração que se propaga pela rede cristalina de um sólido.

<sup>4</sup> Geralmente o atrito estático é maior que o cinético, mas há situações onde eles são iguais, como é o caso de teflon sobre teflon ou teflon sobre aço. Fonte: [http://www.roymech.co.uk/Useful\\_Tables/Tribology/co\\_of\\_friect.htm#method](http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Tribology/co_of_friect.htm#method).

Quando aplicamos uma força sobre determinado objeto a fim de movê-lo, não é com qualquer intensidade de força que obtemos êxito. Percebemos que a força de atrito estático não possui um valor definido, podendo variar de zero a um valor máximo, o qual chamamos força de atrito estático máximo ( $F_{e_{máx}}$ ). Com boa aproximação, esse valor não depende da área aparente, mas é proporcional a força de compressão que uma superfície faz sobre a outra.

No entanto, quando o objeto começa a se mover, a intensidade da força de atrito geralmente decresce, apresentando um valor aproximadamente constante o qual chamamos de força de atrito cinético ( $F_C$ ).

Ao analisarmos nos livros didáticos os gráficos que expressam a variação da força de atrito em relação à força aplicada, temos algo desse tipo:

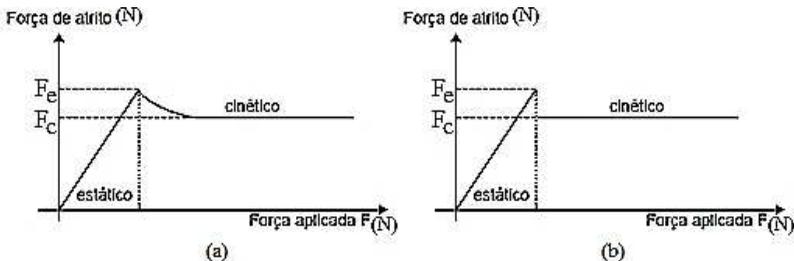


Figura 4. Exemplos de gráficos da força de atrito em função da força aplicada.

Fonte: elaborado pelo autor.

Mas na prática, o que acontece? Mossmann et al (2002) apresentaram um trabalho onde discutem a determinação de coeficientes de atrito utilizando tomada automática de dados. Através de um sistema conectado a um sensor de força que coletava dados de forma automatizada, mediram em tempo real a força de atrito entre um bloco de madeira com base confeccionada em diversos materiais (carpete, lixa, borracha, etc.) e diferentes lâminas (carpete, madeira, lixa, etc.).

Durante as medidas, observaram que, a força de atrito cinético oscilava em torno de um valor médio para depois se estabilizar, assumindo um valor relativamente constante após certo intervalo de tempo quando o objeto já tinha adquirido um movimento mais uniforme.

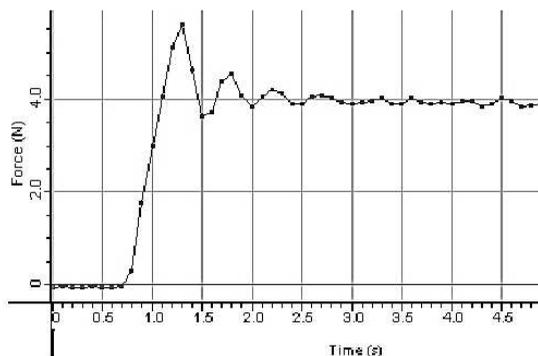


Figura 5. Gráfico típico da força de atrito em função do tempo, obtido para o par lâmina de madeira – bloco com base de carpete. Fonte: MOSSMANN et al, 2002.

A diferença entre os gráficos apresentados nas figuras 4 e 5 pode parecer pequena, porém, quando fazemos atividades experimentais com os estudantes e temos como objetivo obter as forças de atrito cinético, tais detalhes podem ganhar importância, pois não teremos um valor bem definido para a força de atrito cinético durante um considerável intervalo de tempo, ainda mais se o trecho em que ocorre o movimento analisado for curto.

Isso foi algo que sentimos durante a realização de uma das atividades experimentais e que será discutido posteriormente.



## 4 O TRABALHO COM A ROBÓTICA EDUCACIONAL

A ideia desse trabalho surgiu após uma parceria entre o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), subprojeto Física, e o Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores (LIFE), que se localiza em uma escola pública federal na cidade de Florianópolis.

No primeiro semestre de 2015, via LIFE, foram adquiridos 02 (dois) kits estruturais e 08 (oito) kits de robótica que fazem uso da placa Arduino como componente principal. Entretanto, o uso dessa ferramenta não precisa restringir-se aos materiais provenientes dos kits, pois a placa Arduino pode ser empregada com diversos sensores e atuadores, inclusive, provenientes de sucata eletroeletrônica. Outro fator é que a programação da placa pode ser feita através de diversos ambientes, desde o próprio IDE<sup>5</sup> da Arduino, até programas que utilizem linguagem C++.

Um dos objetivos que pautaram a aquisição desses materiais foi incentivar o desenvolvimento, criação, adaptação ou vivência de metodologias voltadas a aprimorar a aprendizagem escolar, o que nesse caso pode ser feito fazendo uso de novas tecnologias, assim como a formação de professores no que diz respeito ao desenvolvimento de práticas para o uso dessas tecnologias. Na elaboração das atividades envolvendo os kits, práticas diferenciadas poderão surgir, propiciando um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e interessante.

Após a aquisição do material, o PIBID Física que atua dentro da referida escola, passou a pesquisar sobre o uso desse recurso para o Ensino de Física e a desenvolver atividades que pudessem estar contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

Durante o planejamento, desenvolvemos um material para ser trabalhado/testado com os alunos, sendo que os objetivos iniciais foram: apresentar os kits, ensinar os primeiros passos com o uso da placa Arduino apresentando seu ambiente de programação (IDE), assim como o ambiente no qual iríamos trabalhar, o Ardublock<sup>6</sup>. Ao mesmo tempo,

---

<sup>5</sup> O IDE (Integrated Development Environment) é um programa especial executado no computador que tem por finalidade propiciar um ambiente para que os usuários possam programar. Tudo que for programado (chamado de sketches – esboços em inglês) pode ser mais tarde descarregado na placa.

<sup>6</sup> O Ardublock é um plugin, um programa que se encaixa a outro programa principal para adicionar mais funções e recursos a esse. Utiliza uma linguagem de programação gráfica que permite programar com blocos.



Depois disso, o próximo passo foi desenvolver atividades dentro de turmas regulares para observar as potencialidades e limitações dessa ferramenta.

Sendo assim, optamos por trabalhar com os alunos do primeiro ano do ensino médio por entendermos que o trabalho ainda estava no início. Posteriormente, outras atividades poderão ser desenvolvidas na sequência para os demais anos, até como continuidade desse projeto dentro das mesmas turmas, aproveitando o conhecimento construído como forma de aprimorar e dinamizar futuras atividades.

#### 4.1 A ESCOLHA DO ASSUNTO A SER TRABALHADO

Tradicionalmente, o início dos estudos de Física no ensino médio começa com uma revisão de operações matemáticas básicas, vetores e introdução de alguns conceitos, visando que os alunos possam construir um entendimento mínimo para os tópicos subsequentes. Segue-se com cinemática e dinâmica, ou em casos menos comuns, a sequência inversa.

No nosso caso, o professor das turmas seguia a primeira opção. Porém, atualmente começa por dinâmica, prática adotada após a realização de um estágio supervisionado em sua classe que gerou reflexões e mudança de estratégia. Por fim, são trabalhadas as leis da gravitação e conservação de energia.

Como as turmas estavam iniciando os trabalhos com dinâmica, escolhemos atividades que estivessem relacionadas a esse conteúdo, uma vez que nossa ideia não seria remodelar a estrutura adotada na ementa do professor. Para isso, o tópico escolhido foi forças de atrito.

Tínhamos por objetivo ir inserindo, aos poucos, algumas atividades e situações com potencial para problematizar, ao mesmo tempo em que os alunos fossem adquirindo maior domínio sobre os componentes estruturais do kit, da placa Arduino e do ambiente de programação. Assim, as atividades ficariam cada vez mais complexas e poderíamos propor novas situações cada vez mais abertas onde conceitos físicos pudessem ser discutidos em grupo. O foco não estava na programação e na apreensão de conhecimentos em robótica, isso acabaria sendo uma consequência.

Na realização das atividades, o mais importante não é o resultado em si, ou seja, a resolução correta dos problemas propostos, mas os caminhos traçados e as decisões tomadas que culminaram nela, as trocas de ideias, a reflexão, o trabalho em grupo, o contato com situações novas de ensino.

## 4.2 AS ATIVIDADES

A fase de planejamento contou com as contribuições do professor titular das turmas, o que foi importante para sinalizar melhorias no processo, como adequação da carga horária destinada à aplicação. Após algumas reuniões, percebeu-se a necessidade de aumentar o número inicial de aulas para cada atividade, visto que uma nova abordagem demandaria um tempo maior de adaptação, tanto por parte dos estudantes como de quem aplicaria as atividades. Para isso, houve acréscimo de uma aula a cada atividade com objetivo de discutir as questões propostas e os resultados obtidos nas práticas.

Quanto à forma de emprego da RE, optamos por fazer uma transição gradual, iniciando por atividades dentro de uma perspectiva mais fechada, tipo o que acontece em atividades de coleta de dados, para, posteriormente, passar para algo mais aberto. Tal estratégia foi adotada porque, num primeiro momento, os alunos não tinham um domínio e entendimento mais claro da lógica empregada nos processos de comando dos componentes.

Assim, as primeiras atividades apresentavam procedimentos mais detalhados, discutiam-se os passos que estavam sendo realizados dentro do ambiente de programação, ao mesmo tempo em que os conceitos iam sendo trabalhados com o auxílio das questões e das observações experimentais. A autonomia para atividades abertas viria com o tempo e contato com o material, bem como o costume de trabalhar questões que envolvessem a troca de ideias, a argumentação e o trabalho em equipe.

Conforme dito anteriormente, em virtude da sequência adotada, dinâmica seguida de cinemática, as primeiras situações envolviam discussões relacionadas às forças de atrito. Entretanto, posteriormente, serão aplicadas atividades visando à discussão de conceitos como deslocamento e caminho percorrido, velocidade média, etc. Diferentemente das anteriores, essas próximas atividades apresentarão um caráter mais aberto, tendo parâmetros a serem escolhidos pelos alunos dependendo da estratégia que cada equipe irá utilizar. Durante a elaboração das práticas envolvendo cinemática, tomamos por base o trabalho desenvolvido por Trentin et al. (2015). Embora não as tenhamos aplicado, a estrutura e os objetivos dessas atividades serão apresentados também.

### 4.2.1 Cronograma

As turmas tinham aulas nos mesmos dias e o trabalho foi desenvolvido de forma concomitante. Trabalhamos as leis de Newton e dentro da sequência inserimos as atividades com uso da RE.

Devido ao grande número de feriados e de programações diversas do próprio colégio, tivemos que constantemente reorganizar o calendário. Abaixo, o cronograma atualizado.

Quadro 1. Cronograma das aulas.

Encontros	Turmas	Horário	Descrição
1º encontro 14/04 (5ªF)	1B (01 aula)	09:00-09:45	- Acompanhamento e observação das aulas do professor titular: aula sobre dinâmica – forças.
	1A (01 aula)	11:35-12:20	
2º encontro 15/04 (6ªF)	1A (02 aulas)	07:30-09:00	- Aula sobre as Leis de Newton (1ª e 3ª); - Atividades de resolução de problemas: 1ª e 3ª leis de Newton.
	1B (02 aulas)	10:50-12:20	
21 e 22/04	FERIADO	FERIADO	FERIADO
3º encontro 28/04 (5ªF)	1B (01 aula)	09:00-09:45	- Atividades de resolução de problemas: 1ª e 3ª leis de Newton.
	1A (01 aula)	11:35-12:20	
4º encontro 29/04 (6ªF)	1A (02 aulas)	07:30-09:00	- Aula sobre a 2ª lei de Newton e exercícios.
	1B (02 aulas)	10:50-12:20	
5º encontro 05/05 (5ªF)	1B (01 aula)	09:00-09:45	- Aplicação das Leis de Newton: plano inclinado.
	1A (01 aula)	11:35-12:20	
6º encontro 06/05 (6ªF)	1A (02 aulas)	07:30-09:00	- Revisão para a avaliação. - Prova (Calendário do professor).
	1B (02 aulas)	10:50-12:20	
12/05 (5ªF)	-	-	- Alunos tiveram saída de campo para visitar os Fortes da ilha de Florianópolis.
7º encontro 13/05 (6ªF)	1A (02 aulas)	07:30-09:00	- Prova de recuperação trimestral (Calendário do professor).
	1B (02 aulas)	10:50-12:20	
8º encontro 19/05 (5ªF)	1B (01 aula)	09:00-09:45	- Aula no LIFE (Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores): aula de apresentação dos objetivos do projeto envolvendo o uso da Robótica Educacional (RE). Primeiras atividades com LED, motores, sensores. Conhecendo o
	1A (01 aula)	11:35-12:20	

			material.
9º encontro 20/05 (6ªF)	1A (02 aulas) 1B (02 aulas)	07:30-09:00 10:50-12:20	- Aula no LIFE: continuação da atividade anterior.
26 e 27/05	FERIADO	FERIADO	FERIADO
10º encontro 02/06 (5ªF)	1B (01 aula) 1A (01 aula)	09:00-09:45 11:35-12:20	- Aula sobre forças de atrito.
11º encontro 03/06 (6ªF)	1A (02 aulas) 1B (02 aulas)	07:30-09:00 10:50-12:20	- Aula no LIFE: aplicação das leis de Newton: plano inclinado; atividades envolvendo o uso de motores; atividade com uso da robótica para determinação de coeficientes de atrito estático.
12º encontro 09/06 (5ªF)	1B (01 aula) 1A (01 aula)	09:00-09:45 11:35-12:20	- Aula no LIFE: conclusão das atividades anteriores sobre atrito estático; - atividades envolvendo a robótica para determinação de coeficientes de atrito cinético;
13º encontro 10/06 (6ªF)	1A (02 aulas) 1B (02 aulas)	07:30-09:00 10:50-12:20	- Aula no LIFE: atividades com uso da Robótica Educacional para determinação de coeficientes de atrito cinético.
14º encontro 16/06 (5ªF)	1B (01 aula) 1A (01 aula)	09:00-09:45 11:35-12:20	- Discussão dos resultados obtidos na primeira atividade experimental, relacionada à determinação de coeficientes de atrito estático. - Entrega das atividades avaliativas pelos alunos.
15º encontro 17/06 (6ªF)	1A (02 aulas) 1B (02 aulas)	07:30-09:00 10:50-12:20	- Discussão dos resultados obtidos na segunda atividade experimental, relacionada à determinação de coeficientes de atrito cinético. - Entrega dos relatórios das atividades experimentais e dos diários de campo pelos alunos.

#### 4.2.2 Descrição das atividades

A seguir, apresentaremos todas as atividades elaboradas, inclusive as que ainda não foram aplicadas. No entanto, daremos

atenção especial as que foram realizadas, as demais poderão ser apresentadas em maiores detalhes futuramente.

### 1ª etapa: Conhecendo o material. (02 encontros - 03 aulas)

Trabalhar tópicos introdutórios sobre o uso da placa Arduino e do ambiente de programação Ardublock.

Objetivos:

- Apresentar a placa e os componentes dos kits:
  - discutir o funcionamento das entradas analógicas e digitais;
  - discutir o funcionamento dos sensores e atuadores;
- Apresentar o ambiente de programação Ardublock:
  - trabalhar noções básicas de programação;
- propor as primeiras atividades práticas envolvendo uso dos LED, motores e sensores de distância.

### 2ª etapa: Trabalhando as forças de atrito (03 encontros - 05 aulas)

As atividades consistem em determinar experimentalmente diferentes coeficientes de atrito estático e cinético.

1) Determinação do coeficiente de atrito estático:

Com o kit estrutural, conforme esquema representado na figura 7, os alunos confeccionarão um plano inclinado movimentado por servo-motor e controlado por um potenciômetro. Fixado a superfície do plano teremos uma folha de papel sulfite, sobre a qual será colocado um bloco com faces que apresentam diferentes materiais para obtenção de diferentes coeficientes de atrito. Um lado do bloco era de EVA, outro de cartolina, e dois lados de lixa nº 20, com áreas diferentes.

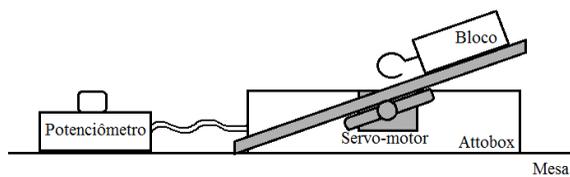


Figura 7. Esquema de montagem da atividade atrito estático. Fonte: elaborada pelo autor.

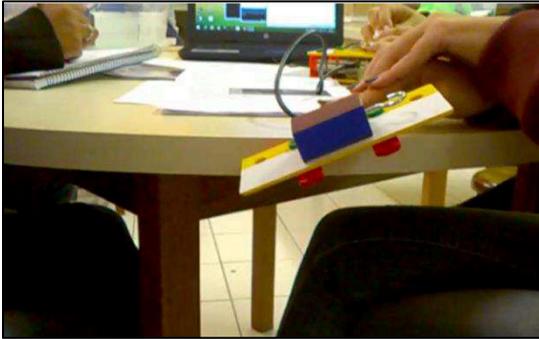


Figura 8. Atividade de determinação do coeficiente de atrito estático. Fonte: acervo pessoal do autor.

#### Objetivos:

- Obter experimentalmente diferentes coeficientes de atrito estático;
- discutir questões problematizadoras sobre forças de atrito estático.

#### Questões que poderão ser propostas aos alunos:

Quadro 2. Questões relativas à força de atrito estático.

<b>Antes da atividade:</b>	
<b>Questões:</b>	<b>Tópicos esperados nas respostas dos alunos:</b>
<p>- Você já pensou viver em um mundo sem a existência de forças de atrito. Como esse mundo deveria ser?</p> <p>Objetivo da questão: Levantar que tipo de visão os alunos possuem sobre o atrito, qual papel teria o atrito nos fenômenos por eles observados.</p>	<p>- Sem o atrito os objetos e pessoas ficariam sempre deslizando;</p> <p>- não haveria movimento porque sem o atrito não temos como andar;</p> <p>- não poderíamos parar um movimento porque não haveria como impor resistência a ele.</p>
<p>- Sem a presença de forças de atrito, poderia existir movimento?</p> <p>Objetivo da questão: Levantar que tipo de visão os alunos possuem sobre o atrito, qual papel teria o atrito nos fenômenos por eles observados. Gerar</p>	<p>- não, porque sem atrito não conseguimos sair do lugar;</p> <p>- não, porque sem atrito não teríamos como andar, empurrar coisas, etc.;</p> <p>- sim, porque o atrito apenas atrapalha o movimento;</p>

reflexões sobre o fenômeno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sim, porque sem atrito as coisas nunca parariam de se movimentar;</li> <li>- não sei.</li> </ul>
<b>Depois da atividade:</b>	
<p>- De acordo com os resultados de sua experiência, a força de atrito modifica-se dependendo dos tipos de superfície que interagem entre si? Explique um pouco o que você observou.</p> <p>Objetivo da questão: conduzir os alunos a refletir sobre as propriedades da força de atrito, que ela é dependente das características das superfícies em contato, não uma característica própria, constante de uma superfície qualquer.</p>	<p>- Esperamos que os alunos consigam observar que cada par de superfícies que interagem apresentam diferenças em relação à força de atrito estático. Logo, possam relacionar que a força de atrito depende da constituição, das características físicas das superfícies em contato. Uma mesma superfície pode possuir coeficientes de atrito diferentes, pois não é uma característica da superfície em si, mas de uma interação.</p>
<p>- Você já deve ter percebido que quanto mais pesado é um objeto, mais difícil é arrastá-lo por uma superfície. Será que o peso ou a massa desse objeto tem alguma coisa a ver com a força de atrito?</p> <p>Objetivo da questão: contribuir para que os alunos reflitam sobre quais fatores são importantes e quais parecem importantes para determinação da força de atrito. Questionar a validade do uso de nossas percepções.</p>	<p>- Podem ocorrer dois tipos de respostas: a primeira argumentando positivamente, que sim, quanto maior a massa de um objeto mais difícil movê-lo porque a força de atrito é maior, não relacionando a dificuldade à inércia. A segunda classe de respostas estaria argumentando negativamente, que a força de atrito não tem relação com a massa do objeto, porém tal resposta pode ou não ter argumentos que a justifiquem. Devem ser observados os argumentos utilizados para verificar o grau de compreensão dos alunos.</p>
<p>- A massa de um objeto altera o coeficiente de atrito entre esse objeto e a superfície em que ele está apoiado?</p> <p>Objetivo da questão: contribuir para que os alunos reflitam sobre quais fatores são importantes e quais parecem importantes para determinação da força de atrito. Questionar sobre a validade do uso de</p>	<p>- Esperamos que os alunos respondam negativamente, observando que a massa do objeto não altera as propriedades de interação entre as superfícies em contato, ou seja, dois objetos constituídos do mesmo material, mas com massas diferentes, caso sejam colocados sobre a mesma superfície, apresentarão o mesmo coeficiente de atrito estático máximo, apesar do</p>

nossas percepções.	módulo da força de atrito diferir. - Pode haver respostas afirmando que sim, que o coeficiente de atrito estático depende da massa do objeto, havendo nesse caso, confusão dos conceitos coeficiente de atrito e força de atrito.
--------------------	--

## 2) Determinação do coeficiente de atrito cinético:

Utilizando um motor e uma roda, que servirá de polia, os alunos confeccionarão um sistema de tração por onde serão puxados blocos com diferentes faces sobre uma superfície plana. Serão utilizados também dinamômetros para medir a tração na corda. A velocidade do motor será controlada por um potenciômetro.

Poderá ser utilizada, para essa atividade, uma etapa envolvendo plano inclinado objetivando discutir a alteração do valor da força de atrito com a mudança do valor da normal.

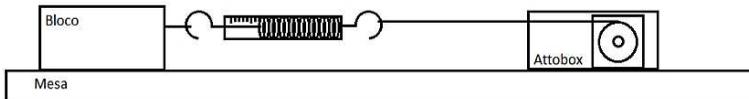


Figura 9. Esquema de montagem atividade atrito cinético. Fonte: elaborada pelo autor.

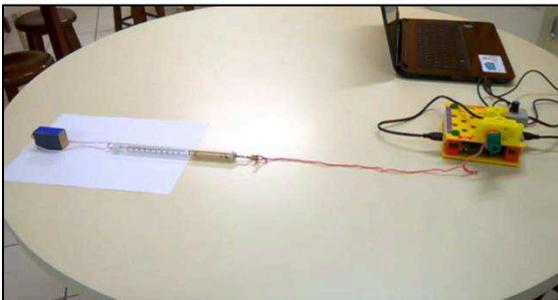


Figura 10. Atividade de determinação de coeficientes de atrito cinético. Fonte: acervo pessoal do autor.

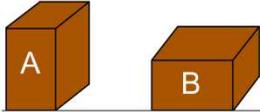
### Objetivos:

- Discutir a força de atrito cinético;
- discutir o funcionamento de um dinamômetro;

- problematizar a dependência da área para a força de atrito;
- utilizar a RE para obtenção dos diferentes coeficientes de atrito cinético.

Questões que poderão ser propostas:

Quadro 3. Questões relativas à força de atrito cinético.

<b>Antes da atividade:</b>	
<p><b>Questões:</b></p> <p>- Imagine que você tem que empurrar uma grande caixa em formato retangular por uma sala. Supondo que todos os lados da caixa são constituídos do mesmo material, será que o fato de manter a caixa em pé (A) ou deitada (B) fará diferença na hora de empurrá-la?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Objetivo da questão: Problematizar a dependência da área de contato para a força de atrito. Levantar as concepções iniciais dos estudantes em relação a esse assunto.</p>	<p><b>Tópicos esperados nas respostas dos alunos:</b></p> <p>- Esperamos que os alunos argumentem dizendo que sim, fará diferença o fato de ela estar deitada ou em pé. Assim, deitada será mais difícil de empurrar, pois haverá mais partes da caixa em contato com o solo. Poderá haver respostas dizendo que o mais difícil é empurrar a caixa em pé, pois a massa da caixa estaria mais concentrada numa menor porção do solo, fazendo com que a caixa fique mais “pesada” e difícil de empurrar. Por fim, poderão aparecer respostas dizendo que não fará diferença, pois como os lados da caixa são todos feitos do mesmo material e a massa dela permanecerá a mesma, estando ela em pé ou deitada, não mudará nada o fato de como a caixa estará posicionada.</p>
<b>Depois da atividade:</b>	
<p>- O que vocês observaram na atividade, alterar o tamanho da área em contato modificou o valor da força de atrito?</p> <p>Objetivo da questão: Induzir a observação de determinada característica e como essa afeta o fenômeno em análise.</p> <p>- Houve alguma alteração na marcação do dinamômetro antes e depois de iniciar o movimento? Descrevam o que</p>	<p>- Esperamos que os alunos identifiquem a independência da força de atrito (estático e dinâmico) em relação à área em contato.</p> <p>- Esperamos que os alunos observem uma diminuição no módulo da força de atrito após o</p>

<p>aconteceu.</p> <p>Objetivo da questão: Fazer com que os alunos observem o decréscimo no valor da força de atrito ao iniciar o movimento.</p>	<p>objeto entrar em movimento.</p>
<p>- Porque pneus de F1 são tão largos em comparação com os pneus dos carros de rua?</p> <p>Objetivo da questão: Instigar os alunos a refletirem sobre os motivos dos pneus de F1 serem tão mais largos que os dos carros comuns, visto que a área de contato não muda o coeficiente de atrito entre o pneu e a superfície. Incentivar a pesquisa, reflexão e discussão sobre o assunto para maior aprofundamento.</p>	<p>- Esperamos que os alunos pesquisem e aprofundem o conhecimento acerca da dependência ou não da força de atrito com a área.</p>

As atividades abaixo não foram aplicadas, porém estão previstas para serem trabalhadas no segundo semestre deste ano.

### **3ª etapa: Atividades envolvendo conceitos cinemáticos (04 encontros - 06 aulas).**

Para essa atividade será solicitado aos alunos a construção de um carrinho que consiga movimentar-se sozinho.

#### 1) Deslocamento x caminho percorrido.

Os alunos receberão uma pista que conterá apenas um trecho retilíneo, com um ponto de partida e outro de chegada. Posteriormente, será passada uma pista que possua os pontos de partida e chegada à mesma distância da pista anterior, entretanto contendo alguns obstáculos que não permitirão passagem em linha reta.

Os alunos terão que desenvolver estratégias para que o carrinho consiga completar o percurso e discutir quais as diferenças entre as duas pistas.

Objetivo:

- Propor situações com potencial para discutir as diferenças entre os conceitos de caminho percorrido e deslocamento.

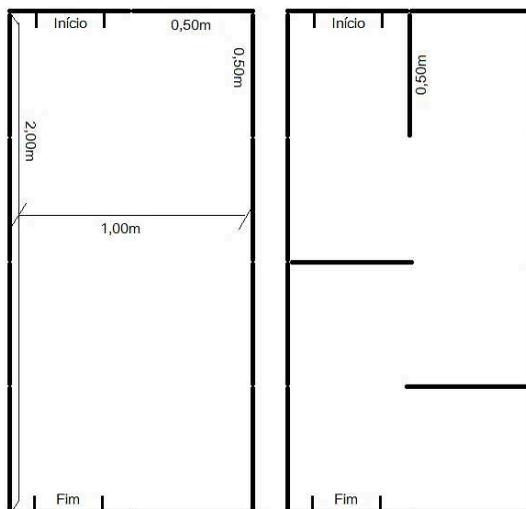


Figura 11. Modelo para as pistas. Fonte: elaborada pelo autor.

Observações: poderão ser colocados mais obstáculos e esses serem móveis, possibilitando aos grupos mais de uma escolha de trajetória. Assim, cada grupo deverá ter um croqui de sua pista e o desenho da trajetória realizada com a medida das distâncias que seu carrinho percorreu.

Questões que poderão ser propostas:

Quadro 4. Questões relativas à discussão de conceitos cinemáticos.

<b>Depois da atividade:</b>	
<b>Questões:</b>	<b>Tópicos esperados nas respostas dos alunos:</b>
<p>- Na primeira pista, qual foi a distância entre os pontos de largada e chegada do carrinho? E na segunda pista essa distância foi alterada?</p> <p>Objetivo da questão: Trazer para posterior discussão alguns conceitos cinemáticos.</p>	<p>- Esperamos que os alunos informem os dados obtidos.</p>
<p>- Na primeira pista, qual a distância total percorrida pelo carrinho? E na segunda pista?</p>	<p>- Esperamos que os alunos informem os dados obtidos.</p>

Objetivo da questão: Trazer para posterior discussão alguns conceitos cinemáticos.	
<p>- Qual a diferença entre as pistas? Em relação ao movimento do carrinho, o que se manteve e o que se alterou?</p> <p>Objetivo da questão: Fazer com que os alunos observem que fatores alteraram-se com as mudanças e quais fatores permaneceram constantes; tornar menos abstrato a discussão sobre os conceitos caminho percorrido e deslocamento.</p>	<p>- Esperamos que os alunos constatem que a distância entre os pontos de partida e de chegada não se alteraram nas pistas (deslocamento do carrinho), no entanto a distância percorrida pelo carrinho em cada pista foi diferente, pois suas trajetórias não foram as mesmas.</p>

## 2) Análise gráfica

Os alunos receberão gráficos do tipo espaço por tempo ( $s \times t$ ) ou velocidade por tempo ( $v \times t$ ). Em grupos, deverão analisar os diversos tipos de movimentos representados nos gráficos para, utilizando os carrinhos construídos na atividade anterior, reproduzir os diferentes tipos de movimentos.

Os movimentos deverão ser reproduzidos com os carrinhos em uma pista reta com pontos de referência para análise. A pista poderá ser substituída por um sarrafo contendo marcações de coordenadas, conforme figura 12, que ficará no chão.

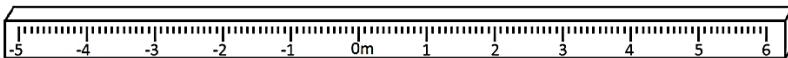


Figura 12. Sarrafo com marcações para referência. Fonte: elaborada pelo autor.

### Objetivos:

- Desenvolver habilidades de interpretação gráfica;
- discutir conceitos como velocidade, velocidade média, aceleração, posição, caminho percorrido e deslocamento.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 ATIVIDADES E COLETA DE DADOS

O trabalho foi realizado numa escola pública federal da cidade de Florianópolis - SC, com 02 (duas) turmas de primeiro ano do ensino médio, com aproximadamente 25 alunos por turma. Os alunos tinham faixa etária entre 15 e 16 anos. As atividades, que ocuparam duas aulas de aproximadamente 45 minutos cada, foram realizadas de acordo com o cronograma definido com o professor da turma.

Foram previstos horários de atendimento no contra turno para discussões de eventuais dúvidas e possibilidade de conclusão das atividades.

Para a realização das atividades, os estudantes foram divididos em grupos de aproximadamente cinco alunos. Receberam situações-problema ou questões problematizadoras, que tinham como objetivos a reflexão sobre um fenômeno, a discussão da validade e limitações de modelos adotados e a construção de estratégias em grupo para a resolução das situações propostas.

Os diálogos dos alunos, durante a realização das atividades foram gravados e posteriormente serão transcritos, com a finalidade de analisar que tipo de interações as questões suscitaram, assim como as dificuldades enfrentadas no processo.

Os grupos receberam documentos que continham questões a serem respondidas antes, durante e após as atividades. Os registros se deram através de diários de campos e relatórios. Esses registros serão analisados e discutidos em maiores detalhes no próximo capítulo.



## **6 ANÁLISE**

Nesta seção buscaremos traçar um perfil das turmas, relatar como as atividades se desenvolveram, trazer as percepções e impressões do professor da turma sobre o que foi realizado, nossas reflexões, e por fim, uma análise da produção textual dos alunos.

### **6.1 DO PERFIL DAS TURMAS**

As turmas possuíam boa distribuição entre meninos e meninas, na faixa etária entre 15 e 16 anos. Como o colégio é público e os estudantes entram por meio de sorteio, encontramos todas as classes sociais, porém, a grande maioria apresentava bom grau de familiaridade com os computadores. Caso não fosse assim, tal detalhe poderia tornar-se um obstáculo, mas também uma oportunidade de alfabetização digital.

Boa parte dos alunos não apresentava grande interesse pela Física, o que é bastante comum. Num primeiro momento, quando comentado que seriam desenvolvidas atividades de robótica, também não mostraram grandes expectativas, dando a impressão de que o trabalho não seria frutífero, dado o aparente desinteresse. Por se tratar de uma escola com boa infraestrutura, muitos laboratórios (química, física, matemática, línguas, informática, etc.), os alunos pareciam não se impressionar ou entusiasmarem-se com as futuras atividades envolvendo o novo material.

Ambas as turmas eram bastante agitadas, mas mantinham um bom nível de respeito em relação ao professor que estivesse ali à frente. Dispersavam-se facilmente durante as aulas, mas quando requisitados, procuravam participar. Em diversos aspectos as turmas eram semelhantes, como o caso do grau de interação com o professor. Salvo exceções, não costumavam fazer muitas perguntas durante a aula.

Apresentavam dificuldades matemáticas básicas, como: operação de números com potências, relações trigonométricas (seno e cosseno) e operações com vetores.

### **6.2 DA APLICAÇÃO**

#### **6.2.1 As aulas e as atividades**

As primeiras atividades com o material tiveram como objetivos conhecer os componentes dos kits, assim como o próprio ambiente de programação.

Os alunos começaram aprendendo noções básicas sobre portas digitais e analógicas, o funcionamento dos diferentes sensores e atuadores, programações básicas de como ligar e desligar um LED através de acionamento por botões, sensores magnéticos e controle do brilho com uso do potenciômetro. Essas atividades, que transcorreram em 03 aulas, deram-se no 8º e 9º encontros.

As aulas foram basicamente expositivas. Apesar disso surgiu bastante interação aluno-professor através de perguntas que partiam desses. Ao apresentar os componentes, procuramos relacionar com aplicações práticas. Por exemplo: ao falarmos do LDR, que é um resistor dependente de luz, comentamos brevemente o que é um resistor e como sua resistência se altera com a luminosidade, dando como exemplo sua aplicação em postes de iluminação pública, que conta com fotoresistores (que são LDRs) que controlam a luz de acordo com a luminosidade ambiente. Quando tratamos dos sensores de distância, que emitem uma luz infravermelha e medem a taxa de reflexão, falamos que se tratava de uma luz que não está dentro do espectro visível, mas que tem muitas aplicações, inclusive em controles remotos de tv, portão eletrônico, sensores de estacionamentos, etc.

Na sequência, como iríamos utilizar um plano inclinado controlado por um servo-motor e por um potenciômetro, foi necessário trabalhar questões de programação envolvendo esses componentes. A estrutura da programação que seria utilizada foi apresentada e discutida com eles para que entendessem todos os passos que estavam sendo feitos e ficassem mais familiarizados com o ambiente de programação, o Ardublock.

A próxima atividade, envolvendo a determinação de coeficientes de atrito estático, já teria como foco a Física, não o material. A atividade foi realizada no 11º encontro e em parte do 12º, conforme quadro 1. Como os grupos passariam a preencher alguns documentos, foi necessário dedicar um tempo da aula para conversar com eles sobre a finalidade de cada um.

Antes das atividades eram passados dois documentos aos grupos: o diário de campo e o relatório da atividade. Os relatórios continham questões para serem trabalhadas antes e após a prática, assim como algumas informações sobre detalhes da montagem experimental. Os diários de campo continham questões sobre como se desenvolveram as atividades e tinham por objetivo fazer com que os alunos refletissem sobre a dinâmica de suas ações após a realização das atividades.

Na prática experimental envolvendo o atrito estático, trabalhamos com um bloco com 04 faces constituídas de materiais diferentes que era

posicionado sobre um plano inclinado controlado. Num mesmo bloco havia duas faces de tamanhos variados constituídas do mesmo material, uma lixa, e duas outras faces com materiais diferentes. Os alunos deveriam fazer várias medidas para obter uma média para o ângulo de deslizamento considerando cada uma das faces. Foi solicitado que seguissem as orientações iniciais do relatório, que fizessem as medidas e observassem o que acontecia caso a caso.

Apesar de constar no roteiro, a parte que discute porque utilizar um plano inclinado para obter o coeficiente de atrito estático não foi entregue para as equipes, apenas mais tarde. Também não foi comentado porque utilizar o plano inclinado para obter tais coeficientes, nem tão pouco qual a relação entre o ângulo limite e o coeficiente de atrito. Tais questões foram trabalhadas de outra forma, através de atividades de pesquisa.

Ao final da aula foi passada uma tarefa aos alunos: pesquisar e responder individualmente “por que utilizar um plano inclinado para obter o coeficiente de atrito estático entre duas superfícies? Qual a relação que existe entre o ângulo limite e esse coeficiente”?

Como no primeiro momento eles não sabiam qual a relação entre o ângulo obtido e o coeficiente de atrito, informamos que a última coluna da tabela do relatório experimental não deveria ser preenchida, isso seria algo que faríamos juntos após a entrega da atividade de pesquisa.

A segunda atividade, que ocorreu entre o 12º e 13º encontros, trabalhamos o atrito cinético. Os alunos tiveram que aprender como comandar um motor DC regulando sua velocidade com o potenciômetro. Era uma tarefa mais delicada. Ela consistia em tracionar um pequeno bloco com diferentes faces sobre uma folha de papel fixada sobre a mesa. Com ajuda de um dinamômetro (solicitado no laboratório de Física da UFSC), mediam as marcações antes e depois de o bloco entrar em movimento.

Os alunos não conheciam esse equipamento, o dinamômetro, então, falamos para que servia e como deveriam ser feitas as medidas, mas não explicamos o princípio físico de seu funcionamento. Isso foi dado como mais uma tarefa de pesquisa a ser entregue de forma individual, para avaliação.

Os alunos continuaram demonstrando bom interesse pela prática experimental, apesar de não mostrarem a mesma dedicação no cuidado com as medidas. Alguns queriam fazer a atividade sem maiores cuidados e esperavam resultados precisos.

Como a atividade era bastante sensível, houve discordâncias em algumas medidas, como por exemplo, um grupo encontrou força de atrito dinâmico maior que o estático, outros, que a área influenciava a força de atrito. Tais inconsistências foram discutidas em aulas posteriores para não deixar que medidas imprecisas reforçassem algumas concepções equivocadas.

Sobre essa atividade, outro ponto delicado foi que alguns blocos não estavam deslizando de maneira satisfatória, sendo que em determinados momentos travavam nas mesas, sendo substituídos constantemente. Para evitar que sujidades ou maiores imperfeições das superfícies atrapalhassem as medidas, foi colocado uma folha sulfite colada à mesa e por onde o bloco deveria deslizar. Contudo, como a folha era pequena, isso tornou a tomada de dados do dinamômetro muito complicada, pois o intervalo para análise era curto. Alguns alunos utilizaram o recurso do celular para gravar e depois verificar várias vezes os resultados obtidos.

No entanto, conforme discutido anteriormente, a força de atrito cinético não é constante, flutua em torno de um valor médio e só se estabiliza após certo intervalo de tempo. Dessa forma, como não houve grande espaço para puxar os blocos, as medidas não se estabilizaram e cada grupo marcou valores distintos, apesar de relativamente próximos.

Essa questão do porque o dinamômetro não marcou um valor constante foi discutida com os alunos, os gráficos experimentais trazidos no trabalho de Mossman et al (2002) foram apresentados e discutidos.

A leitura do trabalho mencionado acima foi realizada após a prática experimental, então, embora não tenha produzido modificações antes da prática, serviu para discutir os resultados com os alunos e trazer reflexões para futuras melhorias na atividade em questão.

## **6.2.2 Percepções do professor acerca das atividades**

Acreditamos que, no desenvolvimento de qualquer trabalho, a colaboração entre as partes, os diferentes pontos de vista, o *feedback* dos envolvidos, tudo isso são aspectos muito importantes e que devem ser levados em conta se desejamos melhorar nossa prática, aprimorar o trabalho.

Desta forma, solicitamos ao professor que fizesse seus apontamentos, suas considerações, pois o mesmo acompanhou de perto toda a aplicação, conhecia os alunos e poderia contribuir ao apresentar suas impressões, sugestões e críticas. As observações foram coletadas de forma escrita, porém, não padronizamos nem criamos relatório para ser

preenchido por ele, apenas solicitamos que anotasse suas observações e depois nos entregasse ao final das atividades.

### **1) Considerações acerca da atividade de determinação de coeficiente de atrito estático:**

Um dos primeiros pontos destacados foi como os alunos receberam as atividades: mostraram-se bastante interessados, motivados em trabalhar com o material, envolveram-se.

O professor destacou que todos os alunos participaram de forma satisfatória das discussões que objetivavam responder as questões discursivas, porém, como estavam empolgados com os kits, houve necessidade de intervenções para manutenção do foco.

Outro ponto abordado foi quanto ao o número de alunos por grupos, para ele a quantidade de pessoas não ficou satisfatória, pois deveria ser no máximo três componentes para que todos pudessem trabalhar mais ativamente. Tal observação estava de acordo com o que havíamos planejado, que era ter no máximo 04 em cada grupo, porém aconteceram problemas com os materiais. Alguns computadores não reconheciam as placas ou não carregavam o programa após iniciarem os trabalhos, enfim, tivemos de reorganizar a quantidade de alunos por grupo.

### **2) Considerações acerca da atividade de determinação de coeficiente de atrito dinâmico:**

O professor observou maior celeridade nos procedimentos da atividade em relação à anterior. Relatou que a intimidade dos alunos com o ambiente de programação já não era mais um problema e, segundo ele, isso fez com que questões próprias da experimentação aparecessem e não as de programação.

Destacou, ainda, que a participação dos alunos continuava alta, assim como a motivação e o envolvimento. Observou que eles estavam discutindo e mostravam-se preocupados quanto a questões relativas à atividade experimental:

*“(...) Os alunos estão preocupados com questões referentes a física e estética do experimento, tais como: o sentido de rotação do servomotor<sup>7</sup>, alinhamento entre a direção do fio que prende o dinamômetro e*

---

<sup>7</sup> Fazia referência ao motor DC, mas confundiu os atuadores.

*o eixo do servo-motor. (...) Os grupos ficaram preocupados com os resultados obtidos em cada medida. Com resultados muito diferentes, procuravam refazer as medidas para minimizar os erros das mesmas. Algumas dessas preocupações são: regular a velocidade do servo-motor, a fim de obter um movimento contínuo do bloco, sem paradas; a filmagem do experimento para visualizar as medidas corretas, não deixar a corda enrolar no eixo do servo-motor de qualquer forma...”*

Também expressou sua opinião sobre o que considera normal dentro de uma atividade experimental: o fato dos resultados não serem iguais. Contudo, devemos levar em conta o quão diferentes serão, para ver os limites aceitáveis, pois em atividades experimentais poderão existir erros de escala, propagado, sistemáticos, etc., mas os resultados devem ser consistentes.

Não entramos em detalhes com os alunos sobre os erros experimentais, poderíamos, mas optamos em não fazer, pois nosso objetivo não estava na prática laboratorial, mas na análise do fenômeno e de algumas características da força de atrito. Estávamos focados em trazer as atividades para gerar discussão, reflexão, motivar, desenvolver neles a prática da argumentação, porém, isso não significa que não discutimos as falhas, os resultados inconsistentes, pelo contrário, isso foi feito para as duas atividades.

### **6.2.3 Minhas impressões e reflexões acerca do trabalho desenvolvido**

Como o trabalho desenvolveu-se de forma muito similar entre as turmas, não se fará necessárias considerações isoladas sobre uma ou outra.

#### **1) Impressões acerca da atividade de determinação do coeficiente de atrito estático.**

Há vários pontos que são importantes destacar, observações que vão desde a aplicabilidade da atividade propriamente dita, como sua execução, o roteiro, as questões propostas, até o envolvimento dos alunos.

Inicialmente, falaremos do material em si. O kit utilizado possibilita a criação de várias atividades bastante interessantes, desde que se tenha disposição de pensar, procurar e refletir sobre as diversas maneiras que ele pode ser utilizado. Porém, como qualquer atividade que envolva aparatos tecnológicos, pode apresentar problemas. Foram

observados constantemente falhas na comunicação entre a placa e o computador, fazendo com que os alunos acabassem perdendo a paciência algumas vezes.

Apesar de realizarmos testes para verificar se estava tudo certo, se todos os computadores estavam com o programa, é comum a placa não ser reconhecida, sendo constantemente necessário realizar trocas de computador ou de placa, devido a não reconhecimento pela entrada USB. Isso acaba atrapalhando o andamento das atividades fazendo com que os alunos dispersem, pois ficam aguardando a solução. Quando a placa era reconhecida e os alunos começavam a utilizar o ambiente de programação para inserir os blocos de comando, também aconteciam casos onde a placa não carregava, isto é, dava erro ao passar as linhas de comando do Ardublock para o IDE e conseqüentemente, para placa. Nesse caso, ou o programa deveria ser reiniciado ou reiniciava-se o computador, o que acabava novamente afetando o desenvolvimento das atividades.

Quanto ao número de kits e o espaço físico para realizar a atividade, esse não estavam em quantidade e tamanho ideais. Em virtude dos problemas constantes com os kits e computadores, foi possível fazer cinco grupos, onde cada grupo tinha em média cinco alunos. Isso acabou prejudicando um pouco as coisas, pois o ideal era que houvesse de 3 a 4 alunos por kit, de modo que todos participassem mais ativamente do processo. Ocorreu que todos participaram, porém uns de forma mais intensa e outros esporadicamente. O espaço físico também não permitia a criação de muitos grupos, ficávamos limitados ao tamanho da sala, e dividir a turma em duas partes não pareceu boa ideia.

Ao realizar a atividade com a primeira turma, havíamos deixado todo o kit de robótica em cima das bancadas, percebemos que os alunos estavam querendo mexer em outros componentes que não faziam parte da atividade, e a concentração deles era menor. Na aplicação com a segunda turma, deixamos apenas o que iria ser utilizado naquela atividade, então houve menos dispersão e eles concentraram-se mais na proposta.

Quanto aos aspectos da atividade em si, os alunos não demonstraram dificuldade em realizá-la, até porque a programação que iria ser utilizada havia sido passada para eles. A parte de manipulação do kit de robótica foi tranquila, o que mais impactou foi discutir e responder o questionário que vinha junto. Inicialmente estavam preocupados em responder corretamente, perguntando a todo o momento se a resposta deles estava certa, se era aquilo que deveriam responder. Havia indicado que não estávamos procurando as respostas

corretas, apenas suas reflexões e observações, pois o importante era ver o entendimento deles acerca do que estava sendo discutido e analisado.

O questionário possuía uma parte a ser respondida antes da atividade, outra posteriormente. Nenhum grupo conseguiu responder completamente, mas ficaram com eles para entregar no próximo encontro.

Em relação ao envolvimento dos alunos esse foi um ponto forte. Todos apresentaram um bom envolvimento com a atividade, demonstraram diferentes graus de interesse, como era de se esperar, mas ninguém deixou de participar, ficando apenas observando. Cada um fazia alguma coisa: ajudava a observar e anotava as medidas, discutiam se a tomada havia sido boa ou não, manipulavam os sensores e atuadores, calculavam as médias dos ângulos, etc. Isso foi um ponto positivo observado. Porém, ambas as turmas demonstraram uma agitação fora do normal, estavam muito entusiasmados, fazendo com que o professor constantemente solicitasse calma para eles, chamando a atenção.

De um modo geral a atividade foi boa, não houve grandes contratempos em relação ao material ou ao desenvolvimento da proposta. A impressão que tivemos foi bastante positiva, o uso da RE pareceu motivar os alunos, no entanto, cabe verificar se isso ocorrerá em outros momentos, com atividades diferentes e como esse interesse irá ajuda-los na construção do conhecimento, na discussão de conceitos.

## **2) Impressões acerca da atividade de determinação do coeficiente de atrito dinâmico.**

Na atividade anterior havia notado que, se deixasse todos os materiais do kit à disposição, as chances de dispersão por parte dos alunos era grande. Sendo assim, fiz novamente o que havia feito na segunda aplicação da primeira prática, que era colocar apenas os materiais necessários sobre a bancada. Funcionou.

Dessa vez os alunos rapidamente procuraram fazer a programação e começar a atividade, houve pouca dificuldade com a manipulação dos equipamentos, ficando bastante tempo para discussão das atividades e da física envolvida, o que ocorreu na maioria dos grupos. Os alunos mostraram-se novamente empenhados e interessados. Percebi que, mesmo sem orientar, eles procuravam se revezar nas tarefas, pois grande parte queria programar também, e deste modo, as tarefas iam se dividindo naturalmente, o que é bom.

Essa atividade foi um pouco mais complexa que a anterior e contava com um material que eles desconheciam, o dinamômetro. Mostrei basicamente o que o equipamento fazia, mas não expliquei seu funcionamento, essa foi uma tarefa de pesquisa que deveria ser entregue de forma individual.

Quanto às questões do relatório, dessa vez houve menos indagações a respeito de como deveriam ser feitas, grande parte dos alunos já percebeu a intenção delas, que é gerar discussão e reflexão a respeito dos conceitos estudados. Entretanto, um grupo de meninas mostrou-se bastante agitada e angustiada com isso. Perguntavam constantemente se a área de contato influenciava a força de atrito. Como pedia para que elas pensassem e respondessem em conjunto, não dando a resposta pronta, ficavam cada vez mais indignadas com minha atitude, mas ao fim acalmaram-se e fizeram a atividade.

Quanto à execução da atividade propriamente, houve vários problemas apesar dos testes anteriores com o material. Alguns blocos não estavam deslizando de maneira adequada, travavam e davam erro nas medidas, foi necessário trocá-los no meio da atividade.

Outra coisa que reparei foi que, devido ao experimento ser muito sensível e os alunos não terem o cuidado e a destreza experimental necessária, as medidas mostraram-se muitas vezes inconsistentes, sendo que em alguns casos houve medidas de atrito dinâmico maior que o estático e dependência da área em relação à força de atrito.

Isso foi discutido com eles com maior ênfase em aulas posteriores, para que tais medidas imprecisas não levassem a um reforço de concepções erradas.

Certamente, far-se-ão necessárias mudanças nos materiais experimentais a fim de corrigir tais discrepâncias, facilitar a aplicação, deixando as medidas menos suscetíveis às imperícias dos alunos, algo mais prático para aplicação. Porém, algumas coisas ficaram evidentes para os alunos: como o bloquinho puxado era o mesmo, ao mudar as faces percebia-se nitidamente a mudança na marcação do dinamômetro, logo, a troca do par de superfícies afetava as medidas da força.

Salvo exceções, perceberam também que a força de atrito estática era maior que a força de atrito cinética. Conseguiram estabelecer relações com o que foi visto em sala e a atividade, sendo capazes, em boa parte, de explicar o que estava acontecendo. No entanto, ainda confundem bastante a noção de normal com peso, achando que essas sempre estabelecem alguma relação.

Essa atividade de um modo geral estabeleceu um nível de dificuldade grande para os estudantes, pois como foi dito, eles ainda não

estão acostumados a cuidar detalhes da prática experimental, querem fazer a grosso modo e esperam resultados exatos, apesar das constantes orientações do professor, e isso levava a discordâncias nas medidas. Um exemplo era a maneira como a corda que tracionava o dinamômetro era colocada. Algumas vezes colocava-se a corda que tracionava o sistema dinamômetro-bloco de forma correta, mas logo na sequência, posicionavam o material de maneira inadequada, com a corda formando um ângulo com o sistema, além de muitas vezes essa corda estar toda enroscada nela própria, o que podia gerar alterações nas medidas. Isso é algo que deverá ser corrigido para as próximas aplicações.

O próprio motor também mostrou limitações, pois como tem pouca potência, não pode tracionar maiores massas, e se o potenciômetro fosse acionado de forma cuidadosa, muitas vezes ele (o motor) não girava, isto é, tinha que girar o potenciômetro até o final para que o motor puxasse o bloco, que era extremamente leve.

Apesar dos pequenos problemas encontrados durante as atividades, pode-se dizer que o saldo foi bastante positivo, os alunos perguntavam, discutiam, pesquisavam na internet, argumentavam, trocavam ideias, coisas que dificilmente fariam em outras aulas.

### 6.3 DA PRODUÇÃO DOS ALUNOS

Das produções textuais, analisaremos as respostas dos alunos as questões propostas tanto nos relatórios, quanto nos diários de campo.

As questões do relatório tinham como objetivo trazer reflexões acerca do fenômeno, gerar discussões e chamar atenção para determinadas propriedades das forças analisadas. As questões presentes nos diários estavam relacionadas à atividade propriamente dita, como: de que forma o trabalho em grupo ajudou, quais as dificuldades que tiveram no processo, que estratégias usaram para atingir os objetivos, etc..

Os grupos 01 a 05 são formados por alunos da turma 1B, os grupos 06 a 10, da turma 1A.

#### **6.3.1 Análise das respostas do relatório da atividade de determinação de coeficientes de força de atrito estático.**

Questão 01: Vocês já pensaram em viver em um mundo sem a existência de forças de atrito? Como esse mundo deveria ser?

Tinha por objetivo levantar que concepções os alunos tinham a respeito da força de atrito. Em linhas gerais, obtivemos dois tipos de resposta, grande parte relacionada à questão de existir ou não movimentos.

O primeiro tipo de resposta, de que não haveria movimento, surgiu em três grupos. Disseram que seria muito difícil ou impossível iniciarmos um movimento, porém, essas respostas estavam relacionadas à questão de não conseguirmos caminhar.

A outra resposta foi de que os movimentos seriam permanentes. O grupo 2 ainda argumentou que, embora não fosse possível iniciar um movimento, objetos que já estivessem se movendo ficariam em MRU, porém, esqueceram-se de que sob a ação da gravidade, isso não seria possível.

Surgiram, também, reflexões bem intrigantes, que fugiram dos padrões:

*“Seria um mundo onde não teria mudança do estado de movimento, não teria tecnologia, pois ninguém conseguiria segurar objetos. Não iríamos sobreviver, pois seríamos incapazes de se alimentar e fazer as coisas básicas para a sobrevivência.” (grupo 6)*

Houve respostas bastante complexas, onde a ideia de atrito foi extrapolada para fora do contato entre duas superfícies. A questão da produção do fogo como obtida somente através do atrito foi evidenciada. O plano inclinado, presente na atividade experimental, também foi mencionado de forma interessante.

*“Seria um mundo sem aviões, sem carros, sem roupas. Tudo que requer atrito para funcionar não existiria. Seria impossível produzir o fogo e caminhar. Meteoros atingiriam a Terra por menores que fossem. Tudo estaria concentrado nas depressões do planeta e sair de lá seria impossível, não conseguiríamos segurar em nada.” (grupo 8)*

A menção a falta de roupas apareceu em virtude de uma curiosidade que discutimos em sala de aula, que foi sobre a possibilidade de fazer e manter um nó sem a existência da força de atrito.

Questão 02: Sem a presença de forças de atrito, poderia existir movimento? Argumentem a respeito.

Podemos considerar como uma extensão da primeira questão. Novamente as respostas dividiram-se em: haveria movimento e não haveria. Os que argumentaram a favor disseram que eles seriam permanentes uma vez que não haveria atrito para parar os objetos, como o que acontece no espaço, por exemplo, conforme abordado pelo grupo 1.

Dois grupos (4 e 5) julgaram impossível haver movimento, porque simplesmente não poderíamos empurrar uma superfície.

*“Não existiria movimento algum, não iria ter porque não daria para empurrar a superfície.” (grupo 4)*

Também surgiram respostas argumentando com base na terceira lei de Newton.

*“Não, porque sem o atrito não conseguiríamos empurrar o chão e o chão não conseguiria nos empurrar em resposta, “despossibilitando”<sup>8</sup> o movimento.” (grupo 5)*

Houve casos de respostas intermediárias, onde foi argumentado de que até poderia haver movimento, mas não conseguiríamos iniciá-los, ou seja, apenas o que já estivesse em movimento continuaria, o que estivesse parado, permaneceria parado.

*“Poderia, apenas não poderíamos iniciar um movimento. Pois precisamos do atrito com algum outro fator para iniciarmos um movimento. O movimento do que já estava em movimento seria infinito, retilíneo e uniforme.” (grupo 6)*

Nessa última resposta podemos perceber a ideia de inércia, algo também presente no trecho abaixo.

*“Sim, poderia existir movimento. Mas objetos em repouso não conseguiriam iniciar um movimento por si só, porque não teriam aderência com outra força. Objetos já em movimento, iriam continuar o movimento sem atrito em velocidade constante, sem parar. Esse objeto só para de se movimentar se outro corpo impedi-lo de continuar.” (grupo 8)*

---

<sup>8</sup> Neologismo por parte dos alunos.

Questão 03: De acordo com os resultados de sua experiência, a força de atrito modifica-se dependendo dos tipos de superfícies que interagem entre si? Descreva o que foi observado.

Com essa questão, esperávamos conduzir os alunos a refletir sobre as propriedades da força de atrito, em especial ao fato de ela não ser uma propriedade de uma superfície, mas algo que surge de uma interação.

Como naquele momento não havíamos trabalhado a relação entre a tangente do ângulo e o coeficiente de atrito, esperávamos que os alunos relacionassem as diferentes inclinações tomadas pelo plano, com uma maior ou menor dificuldade em colocar o objeto em movimento, ou seja, a força de atrito estaria de uma forma relacionada com essa inclinação, como uma grandeza que se altera conforme diferentes superfícies interagem. Isso foi evidenciado em todas as respostas.

*“Sim, dependendo das superfícies que estavam em contato, o objeto começava a cair em diferentes ângulos. Quanto maior era o atrito, maior era o ângulo.” (grupo 1)*

Alguns grupos mencionaram a força de atrito como algo presente no objeto, como uma propriedade do objeto, não de uma interação.

*“(…) Observamos que objetos mais lisos possuem menos atrito comparado a superfícies mais ásperas.” (grupo 2)*

Um dos grupos respondeu que as diferentes inclinações davam-se em virtude da alteração dos coeficientes de atrito, dando a entender que era uma propriedade do material.

*“(…) materiais como o EVA e a lixa tem maior coeficiente de atrito, podendo se manter em repouso com uma maior angulação. Já a superfície de cartaz (cartolina) por ter menor coeficiente de atrito, permaneceu em repouso até o ângulo 20°.” (grupo 8)*

O fato de não termos alterado a superfície do plano inclinado, apenas das faces dos blocos, pode ter contribuído para que alguns alunos interpretassem que o atrito dependia apenas da superfície do bloco. Para uma próxima atividade, alterar a superfície do plano talvez deixe a questão da interação mais evidente.

Questão 04: Você já deve ter percebido que quanto mais pesado é um objeto, mais difícil é arrastá-lo por uma superfície. Será que o peso ou a massa desse objeto tem alguma coisa a ver com a força de atrito? Explique.

Essa questão poderia ter várias respostas. Mais uma vez, esperávamos dois tipos: a primeira trataria o aumento da massa do objeto como algo que capaz de modificar a compressão sobre a superfície que o sustenta, logo, um aumento da massa aumentaria a normal e conseqüentemente o atrito; a segunda, poderia interpretar a normal como algo independente do peso, da massa, uma vez que tais forças nem sempre estabelecem relação.

Foram verificadas as duas, cada qual com suas respectivas argumentações.

Respostas argumentando positivamente:

*“Sim, pois quanto mais pesado, mais pressão ele põem no chão, ou seja, a força normal aumenta.” (grupo 1)*

*“Sim, pois quanto mais pesado o objeto, mais ele vai comprimir a superfície, interferindo na força de atrito.” (grupo 4)*

E negativamente:

*“Nem sempre o peso tem a ver, tudo depende da força normal e quanto o objeto comprime a superfície.” (grupo 3)*

*“Não, não teria uma relação, pois em um ângulo de  $90^\circ$  sob a influência de uma pressão<sup>9</sup>, ainda terá o atrito. O atrito tem a ver com a força normal, que pode ser feita pela força peso ou outra força feita.” (grupo 6)*

Essa última mostra certo amadurecimento do conceito de força normal. O grupo demonstrou entender que a normal nem sempre é numericamente igual à força peso, então, a força de atrito poderá ou não se modificar com o aumento da massa do objeto, tudo depende da situação.

---

<sup>9</sup> Estava referindo-se a força.

Questão 05: A massa de um objeto altera o coeficiente de atrito entre esse objeto e a superfície em que ele está apoiado?

Esperávamos que os grupos refletissem sobre a diferença entre força de atrito e coeficiente de atrito, pois enquanto a força pode ter sua intensidade aumentada pelo acréscimo de massa (em determinadas situações), o coeficiente de atrito independe disso.

Alguns grupos, apesar de apresentaram a noção de atrito como uma propriedade do objeto, posicionaram-se de maneiras diferentes.

*“Sim. Pois quanto maior a massa do objeto, mais a força de atrito presente no objeto.” (grupo 2)*

*“Não. O coeficiente de atrito é dado pelas “ranhuras” dos objetos, não pela massa dos mesmos.” (grupo 7)*

O modelo de Euler foi utilizado, porém de forma equivocada, uma vez que para esse grupo, as ranhuras é que determinam o valor do coeficiente de atrito.

Apenas três grupos apresentaram respostas onde o coeficiente de atrito foi tido como uma propriedade proveniente de uma interação. Como exemplo, o grupo 8.

*“Não. O coeficiente de atrito é dado pelas superfícies em contato, não pela massa do objeto.” (grupo 8)*

As questões propostas mostraram-se bastante interessantes para gerar discussões e reflexões nos grupos, deste modo, cumpriram bem sua finalidade. Algo observado em algumas respostas foi o fato da força de atrito ser entendida como uma propriedade de um objeto (ou superfície).

Para futuras aplicações, alteraremos também a superfície do plano inclinado para observar se isso facilitará o entendimento de que o atrito é uma interação, não uma propriedade de uma superfície.

### **6.3.2 Análise das respostas do diário de campo da atividade de determinação de coeficientes de força de atrito estático.**

Questão 01: Para realizar essa atividade, sua equipe precisou elaborar alguma estratégia? Foram discutidas hipóteses, ideias para atingir o objetivo?

As respostas obtidas nessa pergunta nos mostraram que, de um modo geral, os alunos não tem muita clareza do que é estratégia, nem hipótese.

O grupo 1 alegou que não utilizou estratégia alguma, apenas seguiu as instruções, porém, disse que foi necessário dividirem as tarefas para que todos participassem do trabalho. A divisão de tarefas pode ser entendida como uma estratégia para resolver a atividade, mas isso não foi entendido pelos alunos como tal.

O grupo 2 respondeu elencando as etapas que realizaram, como: montar o sistema, encaixar a placa no computador, etc.. Isso não constitui uma estratégia, mas etapas do processo. O grupo 5 disse que sua estratégia para resolver os problemas foi discutir sobre o cotidiano e refletir sobre a participação da força de atrito em suas vidas. Nesse caso, podemos considerar a discussão como uma estratégia.

Outros grupos disseram que não elaboraram estratégias e não teceram maiores comentários a respeito.

O conceito de hipótese também deve ser trabalhado em outros momentos, pois os grupos demonstraram não entender muito bem o seu significado. Seguem alguns exemplos do que os alunos entenderam por hipóteses:

*“A única hipótese que criamos foi que algumas vezes os objetos demoravam para cair pois ficavam presos em uma falha do papel.” (grupo 4)*

Isso não constituía uma hipótese, mas uma observação. A resposta dada pelo grupo 8 aproxima-se mais de uma hipótese.

*“Sim, hipóteses foram discutidas. Bom, cada um de nós tinha uma opinião sobre a força de atrito. Hipótese 1: não existe movimento sem atrito. Hipótese 2: pode existir movimento sem atrito.” (grupo 8)*

A questão da modelização, a discussão sobre as etapas da construção de um modelo, geralmente não são exploradas nas aulas, deste modo, os alunos não apresentam boa compreensão, nem diferenciam conceitos, como: teoria, lei, modelo, hipótese. Não tivemos tempo para adentrar em tais aspectos, mas seria muito interessante trabalhar, também, essa questão com eles em outras oportunidades, inclusive utilizando a RE para isso.

Questão 02: Quais conceitos físicos envolvidos na atividade? Vocês são capazes de descrever de que maneira os conceitos foram utilizados no desenvolvimento as atividades?

Queríamos que os alunos começassem a compreender os conceitos como algo natural, inseridos dentro das situações analisadas, que adquirissem aos poucos significados para eles, que não fossem tratadas como palavras vazias. No entanto, as respostas obtidas apontam que os alunos não conseguiram identificar claramente os conceitos dentro das situações trabalhadas, apesar de saberem responder quando perguntados o que é normal, força de atrito e coeficiente de atrito.

A grande maioria dos grupos apenas enumerou os conceitos trabalhados, mas não foram capazes de identificar como tais conceitos foram utilizados nas atividades. Alguns até tentaram, como foi o caso dos grupos 1 e 6:

*“Força de atrito, força peso e força normal. Ao anotar o ângulo em que o quadrado começava a se mover estávamos medindo a força de atrito. Para medir a força de atrito usávamos a força peso e normal.” (grupo 1)*

*“Nós vimos o conceito de força de atrito e a relação entre duas superfícies. O coeficiente de atrito.” (grupo 6)*

O grupo 7, por exemplo, chega a citar sua dificuldade em relacionar os conceitos com a situação analisada.

*“O conceito de atrito, que já abrange os conceitos de coeficiente de atrito e força normal. Esses são os principais. Não conseguimos, no entanto, saber como foram usados.” (grupo 7)*

Mencionaram que a força de atrito já abrange o conceito de força normal, mostrando claramente não entender como se relacionam tais conceitos. Desta forma, aparentemente, os conceitos ainda não adquiriram um significado pleno para eles.

Por fim, podemos aventar a possibilidade dos alunos não terem compreendido claramente a indagação.

Questão 03: Em relação a esta atividade, o trabalho em grupo e as discussões contribuíram de alguma forma? Em que?

De forma unânime os grupos apontaram que o trabalho em grupo é algo bastante positivo, pois segundo eles:

*“O trabalho em grupo nos ajudou a explorar diferentes pontos de vista.” (grupo 4)*

*“(…) nós interagimos e cada um foi complementando o outro.” (grupo 5)*

*“Contribuíram em formular um conceito de atrito para realizarmos a atividade. E ouvindo a opinião dos outros podemos ter noção de outros pontos de vista.” (grupo 6)*

*“Sim, pois quando alguém não sabia ou não lembrava de algo, sempre tinha alguém disposto a ajudar. Além disso, as discussões nos possibilitaram um aprendizado maior.” (grupo 7)*

Os benefícios levantados pelos alunos são bastante importantes, inclusive porque sinaliza o trabalho em grupo como uma dinâmica capaz de promover a argumentação entre pares, a troca de ideias, a socialização das dúvidas e certezas, o diálogo na construção de conceitos.

Essa questão já era algo apontado na literatura. Miranda e Suanno (2009), por exemplo, também identificaram que as aulas com o uso da RE incentivavam a prática do trabalho em grupo e inovavam este processo, pois permitiam aprender “melhor a ouvir e expor as ideias de cada aluno” (MIRANDA; SUANNO, 2009, p. 8077).

Questão 04: Quais dificuldades vocês enfrentaram durante a atividade, estejam elas relacionadas ao conteúdo ou aos materiais?

Aqui houve vários tipos de respostas. Alguns grupos alegaram não enfrentar dificuldade alguma, outros disseram ter dificuldades matemáticas, como fazer a média dos ângulos, fato que aconteceu com o grupo 3.

O grupo 2 disse que não sentiu dificuldades, só para responder as primeiras questões, justamente uma das partes mais importantes do trabalho, que era a discussão dos conceitos. Isso era algo que esperávamos, pois os alunos não estavam acostumados a esse tipo de atividade. O mesmo aconteceu com o grupo 8.

Já os grupos 4, 5 e 7 disseram ter enfrentado dificuldades na parte experimental, como: problemas nos blocos que não deslizavam adequadamente, dificuldades com a parte da programação, e falhas de comunicação entre a placa e o computador.

Questão 05: Vocês gostaram da atividade? Por quê? Teve alguma coisa que chamou a atenção de vocês, que os fez pensarem de forma diferente?

De forma unânime os grupos disseram ter gostado bastante da atividade. De um modo geral, disseram gostar de atividades práticas, que fica mais fácil entender os conteúdos com esse tipo de abordagem, que atividades como essas são totalmente diferentes, porque é uma maneira mais dinâmica de aprender.

A questão de entender essa atividade como dinâmica pode residir no fato de eles terem manipulados os equipamentos, discutido em grupos, explorado possibilidades, pesquisado, enfim, coisas que não estão acostumados a fazer em aula. Talvez esse seja um dos motivos de se sentirem motivados com as atividades.

### **6.3.3 Análise das respostas do relatório da atividade de determinação de coeficientes de força de atrito dinâmico.**

Questão 01: Imagine que você tem que empurrar uma grande caixa em formato retangular por uma sala. Supondo que todos os lados da caixa são constituídos do mesmo material, será que o fato de manter a caixa em pé (A) ou deitada (B) fará diferença na hora de empurrá-la? Por quê?

Essa questão tinha por objetivo trazer à tona algumas concepções dos alunos, principalmente fazendo com que refletissem sobre quais fatores podem influenciar a força de atrito. Esperávamos respostas comuns, do tipo: sim, quando colocamos a caixa com sua face maior voltada para o chão, aumentará a força de atrito. Isso foi observado.

*“Sim, pois se é um retângulo nem todos os lados serão iguais. Se o lado maior estiver em contato com o chão, mais atrito terá por conta da superfície em contato”. (grupo 7)*

*“Sim, pois o espaço que estaria em contato com o chão seria maior o menor, quanto mais espaço em contato, mais difícil o deslocamento, quanto menos contato mais fácil.” (grupo 10)*

Essas respostas indicam que, para alguns grupos, a área em contato influencia a força de atrito. Essa concepção é bastante comum, até intuitiva, apesar de incorreta na grande maioria dos casos. Respostas desse tipo representaram 40% do total.

Obtivemos, também, um grupo argumentando que seria mais difícil empurrar a caixa quando esta estivesse em pé, ou seja, com a menor área em contato. Justificaram dizendo que quando a caixa estivesse deitada (maior área em contato), seu peso ficaria distribuído.

*“O objeto B será o mais fácil, pois a área de contato aumenta, distribuindo a massa e com isso o peso.” (grupo 9)*

Contudo, tivemos boa representatividade de respostas argumentando que não faria diferença a posição tomada pela caixa, uma vez que o importante são os materiais em contato e o valor da força normal.

*“Não, pois o peso continua o mesmo e os lados são constituídos pelo mesmo material, sem fazer diferença no atrito com a superfície.” (grupo 2)*

A interação dos alunos ficou evidente em determinadas respostas, isso era algo que julgávamos importante. O grupo 5, por exemplo, disse que alguns alunos acreditavam que mudar a posição da caixa afetaria a força de atrito, enquanto outros diziam que não faria diferença alguma.

Questão 02: O que vocês observaram na atividade, alterar o tamanho da área em contato modificou o valor da força de atrito?

Após a prática experimental, essa questão tinha como objetivo apenas retomar o que já havia sido discutido no item anterior. Esperávamos que os alunos observassem a independência da força de atrito com a área em contato.

Contudo, problemas na parte experimental, como imperfeições em alguns blocos, fizeram com que alguns grupos obtivessem dependência da força com a área. Deste modo, 60% dos grupos alegaram que a força dependia da área em contato. Vale observar que, em alguns casos, não houve problemas experimentais, apenas flutuações comuns nas medidas, o que é normal devido aos erros experimentais. Contudo, para os alunos, pequenas flutuações já eram consideradas alterações suficientes para alegarem dependência com a área.

Houve necessidade de discutirmos com mais detalhes essa prática, pois não seria prudente deixar alguns alunos manterem concepções equivocadas. Assim, comentamos sobre os problemas experimentais, o que deu errado, e discutimos as flutuações nas medidas, algo normal de acontecer, principalmente em virtude da própria natureza da força de atrito, conforme vimos no trabalho de Mossmann et al (2002).

Em geral, os maiores problemas foram com os blocos que apresentaram irregulares (trancavam ao deslizar). A constante manipulação dos alunos acabava criando deformações nos blocos. Assim, para próximas práticas, procuraremos melhorar algumas partes dos kits construídos, assim como aumentar a área da superfície sobre a qual o bloco desliza.

Questão 03: Houve alguma alteração na marcação do dinamômetro antes e depois de iniciar o movimento? Descrevam o que aconteceu.

Nesta questão, todos os grupos observaram uma queda na intensidade da força de atrito após o início do movimento, algo que já esperávamos.

Questão 04: Por que pneus de F1 são tão largos em comparação com os pneus dos carros de rua?

A última questão do relatório era para pesquisa. Assim, os grupos deveriam colocar a síntese de tudo aquilo que encontraram relacionados a essa temática.

Tratava-se de pergunta nada trivial, pois num primeiro momento podemos pensar que o aumento da área não afetaria a força de atrito uma vez que há uma independência com relação a essa, mas não é tão simples assim. Outros fatores que dificultaram a pesquisa é a falta de sites que discutam esse assunto, e os que discutem, ou são muito técnicos ou não são confiáveis.

De um modo geral, ao pesquisarmos sobre essa questão, encontramos respostas de que o aumento da área do pneu não afetaria a força de atrito com o solo. O motivo de serem mais largos estaria no fato de haver um desgaste muito grande durante uma corrida, e uma maior área diminuiria a pressão o que causaria menos aquecimento e menor desgaste da banda de rodagem. Essa resposta foi fornecida por metade dos grupos.

Outros grupos simplesmente colocaram suas concepções a respeito do que foi perguntado, não pesquisaram. Disseram que o aumento da área teria como motivo um maior aumento da força de atrito, pois como o carro atinge altas velocidades, um pneu mais largo o deixaria mais estável, já que um atrito maior “seguraria” mais o carro no chão.

Acontece que, como falamos antes, essa pergunta não é nada trivial. A borracha dos pneus de F1 é um polímero, logo, sua área aparente é bastante próxima de sua área real, e sabemos que o atrito depende da área de contato real. Assim, um aumento da área de contato poderia aumentar a força de atrito.

Contudo, apesar de fazer diferença, esse não é o real motivo dos pneus serem mais largos. A justificativa é exatamente a dada pelos primeiros grupos, o grande desgaste. Uma área maior traria uma menor pressão sobre as camadas do pneu, causando menos aquecimento e menor desgaste. A área mais extensa também ofereceria uma maior aderência à superfície, facilitando manobras em curvas fechadas.

Esses detalhes foram discutidos com os alunos, pois como vimos, é bastante interessante levantar os limites de nossos modelos, pois não é porque dizemos que uma coisa é assim, que será assim em qualquer situação. O fato da força de atrito não ser dependente da área não é uma lei, logo sua violação não é um problema.

Os alunos mostraram interesse em saber os porquês. Essa questão mostrou-se com bom potencial para discutirmos os limites e validades de modelos adotados.

Um dos pontos mais interessantes observados por nós foi em relação o grupo 2. O referido grupo foi um dos que observou experimentalmente a independência da força de atrito em relação à área de contato, responderam na questão 2 que a força não se alterava com a área, contudo, ao serem questionados sobre porque os pneus de F1 são tão largos, além de não pesquisarem, responderam que o motivo era que uma área maior produziria um aumento na força de atrito. Isso pode indicar que os alunos não compreendem que a Física discutida em sala pode oferecer respostas para perguntas fora do contexto da aula, questões presentes no nosso dia a dia.

#### **6.3.4 Análise das respostas do diário de campo da atividade de determinação de coeficientes de força de atrito dinâmico.**

As questões são iguais às listadas no item 6.3.2, porém como tratam de uma atividade diferente, iremos repeti-las aqui.

Questão 01: Para realizar essa atividade, sua equipe precisou elaborar alguma estratégia? Foram discutidas hipóteses, ideias para atingir o objetivo?

Apesar de novamente os grupos apresentarem dificuldades com o conceito de estratégia, essa questão foi mais desenvolvida do que a do primeiro diário. Alguns grupos já descreveram de forma mais clara.

O grupo 5, por exemplo, descreveu a necessidade de elaborar estratégias para conseguir obter as medidas no dinamômetro.

*“Nós tivemos que elaborar estratégias para conseguir visualizar o dinamômetro, como também tivemos que trocar o local do servo motor para conseguir puxar melhor.” (grupo 5)*

O mesmo aconteceu com o grupo 7.

*“Cada um de nós cuidou de algo. Uma de nós verificava os dados do dinamômetro, outra filmava apenas para ter certeza, outra controlava o potenciômetro e por último, uma de nós anotava os resultados (grupo 7).”*

Outros grupos disseram que somente seguiram as instruções, não elaboraram hipóteses.

Questão 02: Quais conceitos físicos envolvidos na atividade? Vocês são capazes de descrever de que maneira os conceitos foram utilizados no desenvolvimento as atividades?

Tal como na atividade anterior, os alunos não conseguiram estabelecer de forma clara, como os conceitos trabalhados foram utilizados nas atividades. De forma geral, sabiam os conceitos físicos envolvidos, mas não foram capazes de fazer essa relação.

Dois grupos nem responderam a questão. Os demais elencaram conceitos como força normal, força de atrito cinético ou dinâmico, coeficiente de atrito, até tração, pois o bloco foi puxado por uma corda.

*“Os conceitos físicos envolvidos foram: força de atrito, coeficiente de atrito dinâmico e força de tração. A força de atrito permeou o experimento todo, a força de tração é um dos “princípios” do*

*dinamômetro e o coeficiente de atrito dinâmico ou cinético é o que estamos tentando calcula.” (grupo 7)*

Nesse trecho, os alunos estavam referindo-se a “tração” que a mola fazia sobre a corda. Os componentes do grupo equivocaram-se ao coloca-la como um dos princípios do dinamômetro, embora tal força tenha ligação com a forma como o equipamento foi utilizado.

Questão 03: Em relação a esta atividade, o trabalho em grupo e as discussões contribuíram de alguma forma? Em que?

Obtemos novamente apenas respostas positivas em relação ao trabalho em grupo.

*“Sim, pois as atividades ficam mais fáceis com a conversa do grupo.” (grupo 1)*

*“Sim, nos ajudaram a compreender melhor em conjunto as coisas trabalhadas na atividade.” (grupo 2)*

Questão 04: Quais dificuldades vocês enfrentaram durante a atividade, estejam elas relacionadas ao conteúdo ou aos materiais?

Foram relatadas muitas dificuldades relacionadas ao material ou com a programação.

*“A dificuldade foi que o nosso motor estava travando.” (grupo 2)*

*“Levamos mais tempo que o esperado para programar a placa (grupo 4).”*

*“Sim, a cordinha se enrolava e dificultava as medidas.” (grupo 6)*

Apesar de ser bastante difícil obter os dados pelo dinamômetro, apenas um grupo relatou isso.

*“Foi realmente difícil anotar os números do dinamômetro, tanto que, depois de um tempo começamos a gravar.” (grupo 7)*

Outro grupo identificou a necessidade de haver um espaço maior para tracionar o bloco.

*“Achamos que uma folha era muito pouco espaço para definir a força feita no bloco.” (grupo 5)*

Esse detalhe foi comentado posteriormente com todas as turmas. A necessidade de um espaço maior para deslizar o bloco a fim de obter valores estacionários para a força de atrito cinético, uma vez que logo no início do movimento ela oscila.

Questão 05: Vocês gostaram da atividade? Por quê? Teve alguma coisa que chamou a atenção de vocês, que os fez pensarem de forma diferente?

Essa questão trouxe respostas bem satisfatórias para nós. Os alunos demonstraram realmente gostar desse tipo de atividade e principalmente, já apresentavam maior familiaridade com as questões abertas e que exigiam maior grau de reflexão por parte deles e discussão em grupo.

*“(…) conseguimos ver como a força de atrito funciona. Pensamos sobre os fatores que a alteram.” (grupo 4)*

*“Sim, principalmente a questão 1 que nos fez refletir sobre se a massa e a altura do objeto iriam interferir.” (grupo 5)*

*“(…) foi uma atividade diferente e nos fez pensar sobre conceitos que nunca havíamos pensado.” (grupo 6)*

Outros grupos julgaram interessante observar na prática a redução da força de atrito no momento em que o bloco entrava em movimento, algo falado em sala.

*“(…) foi legal e interessante, pois o dinamômetro fazia uma maior (medida) no início e depois quando o bloco obtinha movimento constante ele media menor força que o motor fazia.” (grupo 1)*

Embora esse tipo de pergunta não tenha ligação direta com a discussão física, nos dão indicações de como as atividades afetaram os alunos.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabemos que o Ensino de Física é algo bastante complexo, que há muitos problemas no processo de ensino e aprendizagem, problemas que podem estar relacionados aos alunos, ao professor e até mesmo a própria estrutura curricular. Não se tratam de problemas isolados, mas interdependentes, por isso de difícil solução. Sabemos, também, da falta de motivação que os alunos têm em estudar Física, a qual é vista por muitos como algo desconectado de suas realidades, pois entre tantas coisas, é uma área do conhecimento que exige grandes abstrações.

Apesar de todos os problemas, não precisamos ficar inertes, se queremos novos resultados, devemos fazer coisas novas. Deste modo, fazem-se necessárias atitudes, a postura do professor em querer alterar esse cenário pode ser o primeiro passo para mudanças maiores. Nesse sentido, o uso de novas tecnologias pode contribuir, pois tem potencial para fazer o professor pensar novas práticas, testar novas abordagens. Claro que a inserção de qualquer tecnologia deverá ser precedida de muito estudo e reflexão, pois sem os devidos cuidados metodológicos, pode vir a potencializar problemas já existentes e criar novos, como a falta de domínio do novo material por parte dos alunos e do próprio professor.

Quando nos propusemos a utilizar a RE dentro do Ensino de Física, sabíamos dessas dificuldades, mas esperávamos que os potenciais benefícios fossem maiores, uma vez que a literatura indicava possibilidades de melhorias no processo de ensino e aprendizagem, principalmente no que diz respeito ao envolvimento dos alunos com as aulas de física.

Procuramos ter cuidado de não colocar o foco no uso do material, não fazer atividades que propiciassem mais a prática do que a discussão dos conceitos físicos e creio que conseguimos atingir esse objetivo. Como questão norteadora de nossa pesquisa e reflexões, queríamos observar de que maneira a robótica poderia contribuir para a discussão de conceitos relacionados à força de atrito. Porém, antes de iniciarmos as discussões, fez-se necessário apresentar, ao menos, algumas funções dos kits para os alunos, pois eles deveriam conhecer minimamente o material para começar a trabalhar.

Durante o trabalho, refletimos sobre os problemas em introduzir novas ferramentas tecnológicas no contexto das salas de aula, pois estamos cientes da carga horária semanal disponível para as aulas de física na maioria das escolas públicas. Os alunos necessitam conhecer e adaptar-se aos novos materiais, para depois começarem a explorá-lo de

outras formas, isso pode levar tempo, o que nem sempre se tem. Entretanto, havendo tempo suficiente para desenvolver esse trabalho, como foi o nosso caso, ele revela-se com grande potencial para melhorar o Ensino de Física, principalmente no sentido motivacional. Não estamos dizendo que é impossível aplicar em escolas públicas, pelo contrário, apenas salientamos que o tempo deve ser levado em consideração. Novas práticas demoram mais devido às constantes adaptações, mas acabam valendo a pena na maioria das vezes.

No nosso caso, os estudantes mostraram-se surpreendentemente envolvidos na realização de todas as atividades com a RE. O emprego de questões abertas, problematizadoras, somado a questão motivacional trazida pela RE, impactou positivamente todo o processo de ensino. Foi perceptível a mudança de postura dos alunos. Eles procuravam fazer as atividades experimentais, discutir os relatórios, as questões, perguntavam, pesquisavam, trocavam ideias entre si e com outros grupos.

As questões abertas, inicialmente um problema para eles já que não estavam acostumados, foi algo citado pelos alunos como fundamental para gerar discussões bastante interessantes, envolvendo tanto aspectos diretamente relacionados à prática experimental, como para além dela.

Percebemos que, para boa parte dos grupos, as discussões ultrapassaram o caráter superficial, pois os alunos estavam interessados em construir uma resposta satisfatória para as questões propostas. Tais questões foram pensadas, elaboradas com objetivo de realmente trabalhar esses aspectos nos alunos, isto é, exigir reflexões, respostas prontas não cabiam. Houve, também, questões de pesquisa que tinham por objetivo enriquecer as atividades ou complementá-las. Como exemplo, podemos citar a dos pneus de F1, com a quais discutimos, entre outras coisas, a questão da validade de um modelo, o fato de não haver verdades definitivas dentro de Física, trabalhamos essas exceções.

A parte matemática também foi bem trabalhada, inclusive um ponto de grande dificuldade apresentada pelos alunos. Durante o trabalho do plano inclinado, a análise das forças atuantes sobre o plano, a decomposição de vetores, a demonstração formal do coeficiente de atrito como numericamente igual à tangente do ângulo, foi bem laborioso para os alunos, exigindo muitas repetições para uma razoável compreensão.

Também temos de ressaltar que, o uso dos materiais, dos kis não foi só um mar de rosas, houve problemas. Sempre que trabalhamos com aparatos tecnológicos, devemos nos preparar para possíveis falhas,

incompatibilidade de equipamentos, etc.. Aconteceram algumas falhas nas placas, na comunicação entre elas e os computadores, alguns motores apresentaram problemas, assim como alguns bloquinhos mostraram dificuldade em deslizar pela mesa. Teremos de melhorar os kits e a atividade relacionada à determinação de coeficientes cinéticos como um todo. Porém, tudo isso faz parte de um processo de construção, não há porque se desmotivar com pequenos problemas, uma vez que o saldo foi muito positivo.

Por fim, cabe-nos destacar que sim, a RE pode contribuir para discussão de conceitos relacionados às forças de atrito, assim como poderá contribuir na discussão de diversos outros conceitos. Mas sua aplicação sozinha não trará benefícios, emprega-la simplesmente por emprega-la poderá não trazer bons resultados, as atividades deverão estar permeadas por questões envolventes, instigantes, que busquem trazer inquietações nos alunos, aí sim, aproveitando a motivação provocada pela robótica, as atividades ganharão outros contornos, tornarão as aulas de física mais interessantes, poderão contribuir no sentido de chamar os alunos a participarem do processo de construção de seu próprio conhecimento, mesmo que esse processo seja lento.

Contudo, devemos entender melhor como se dá essa motivação e saber se ela se manterá com um constante uso da RE nas aulas. Ainda não aplicamos atividades mais abertas, onde os alunos ficarão mais livres para manipular e escolher variáveis, o que demandará um grau maior de dificuldades ao processo. Será que nesse caso a RE irá motivá-los da mesma forma? Várias são as questões que ainda suscitam respostas e que, aos poucos, outros trabalhos irão responder, porém o principal já está sendo feito, estamos refletindo sobre a nossa prática, discutindo possibilidades, procurando alternativas para minimizar os problemas encontrados no Ensino de Física.



## REFERÊNCIAS

DIAS, R.A. **Atrito em escala manométrica: um estudo por simulação.** Tese [Doutorado em Ciências], Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007, p. 15-19.

DICIONÁRIO INTERATIVO DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA. Agência Educa Brasil. Disponível em: <http://www.educabrasil.com.br/robotica-educacional/>. Acesso em: 15 de fev. 2016.

FEYNMAN, R.P. O americano, outra vez! In: FEYNMAN, R.P. **O senhor está brincando, Sr. Feynman!** Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. p. 193-212.

FEYNMAN, R.P. Características da Força. In: FEYNMAN, R.P; LEIGHTON, R.B; SANDS, M. **Lições de Física.** Porto Alegre: Bookman, 2008. v.1, p. 122-127.

FORNAZA, R; WEBBER, C.G. Robótica Educacional aplicada à aprendizagem em Física. **Revista Novas Tecnologias na Educação.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 12 n.1, julho, 2014.

FORTES, R.M. **Interpretação de Gráficos de Velocidade em um ambiente robótico.** Dissertação [Mestrado em Educação Matemática], São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2007. 121p.

FRANGOU, S; PAPANIKOLAOU, K; ARAVECCHIA, L; MONTEL, L; IONITA, S; ARLEGUI, J; PINA, A; MENEGATTI, E; MORO, M; FAVA, N; MONFALCON, S; PAGELLO, I. Representative examples of implementing educational robotics in school based on the constructivist approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIMULATION, MODELING AND PROGRAMMING FOR AUTONOMOUS ROBOTS (SIMPAN), 2008. **Proceedings...** Venice (Italy) 2008, p. 54-65.

LIMA, M.R. **Construcionismo de Papert e ensino-aprendizagem de programação de computadores no ensino superior.** Dissertação [Mestrado em Processos Socioeducativos e Práticas Escolares], São João Del-Rei: Universidade Federal de São João Del-Rei, 2009, 143p.

LIMA, J.R.T; FERREIRA, H.S. Uma revisão das produções científicas nacionais sobre o uso da Robótica no Ensino de Física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015, p. 1-8.

MENDONÇA, L.P. Força de atrito: um experimento didático com recursos de mídias. In: ENCONTRO DA REDE DE PROFESSORES, PESQUISADORES E LICENCIADOS DE FÍSICA E DE MATEMÁTICA, 2, 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2010, p.1-36. Disponível em: [http://www.enrede.ufscar.br/participantes\\_arquivos/E5\\_mendon\\_C3\\_A7a\\_RE\\_1\\_.pdf](http://www.enrede.ufscar.br/participantes_arquivos/E5_mendon_C3_A7a_RE_1_.pdf). Acesso em 13 jun. 2016.

MIRANDA, J.R; SUANNO, M.V.R. Robótica pedagógica: prática pedagógica inovadora. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – EDUCERE. III ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE PSICOPEDAGOGIA, 9, 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: PUCPR, 2009, p.1-14.

MITNIK, R; RECABARREN, M; NUSSBAUM, M; SOTO, A. Collaborative robotic instruction: A graph teaching experience. **Computers & Education**, 2009, v. 53, n.2, p. 330-342.

MOSSMANN, V.L.F; CATELLI, K.B.M.F; LIBARDI, H; DAMO, I.S. Determinação dos coeficientes de atrito estático e cinético utilizando-se a aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, n.2, junho, 2002.

NEIDE, I.G. **Efeitos rotacionais no atrito não linear de um dímero deslizando sobre um substrato periódico unidimensional**. Tese [Doutorado em Ciências], Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011, p. 14-20.

PIETROCOLA, M; SILVA, C.C; NEHRING, C; TRINDADE, J.A.O; PINHEIRO, T.F; LEITE, R.C.M. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.2, n.1, 2000.

PORR, P. **Estudo sobre a influência da carga de deformação e do coeficiente de atrito nas propriedades do aço 1020**. [Trabalho de

Conclusão de Curso], São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009, p. 8-13.

ROUXINOL, E; SCHIVANI, M; ANDRADE, R; ROMERO, T.R.L; PIETROCOLA, M. Novas tecnologias para o ensino de física: um estudo preliminar das características e potencialidades de atividades usando kits de robótica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Anais...** São Paulo: SBF, 2011, p. 1-10.

SCHIVANI, M; PIETROCOLA, M. Robótica Educacional no Ensino de Física: estudo preliminar sob uma perspectiva praxeológica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 14, 2012, Maresias. **Anais...** São Paulo: SBF, 2012, p. 1-10.

SENA DOS ANJOS, A.J. As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.25, n.3: p. 569-600, dezembro, 2008.

SILVEIRA JÚNIOR, R.N; TEDESCO, J.C.G; QUEIROZ, G.P. A dependência da área real de contato no atrito entre superfícies sólidas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2015, Rio de Janeiro, 2005. **Anais...** São Paulo: SBF, 2005, p. 1-4.

TORRES, E.A.S. **Estudo por dinâmica molecular do atrito em escala atômica**. Dissertação [Mestrado em Física], Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001, p. 6-15.

TRENTIN, M.A.S; PÉREZ, C.A.S; TEIXEIRA, A.C. A robótica livre no auxílio da aprendizagem do movimento retilíneo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE), 2, 2013, Campinas. WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA (WIE), 19, 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2013, p. 51-59.

TRENTIN, M.A.S; ROSA, C.T.W; ROSA, A.B; TEIXEIRA, A.C. Robótica educativa livre no Ensino de Física: da construção do robô à elaboração da proposta didática de orientação metacognitiva. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.8, n.3, agosto, 2015.



## APÊNDICE A – Relatório da primeira atividade

### Atividade nº 1:

#### Determinação de coeficientes de atrito estático.

Grupo: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Antes de realizar a atividade, gostaríamos de propor algumas questões para reflexão de vocês. Discutam no grupo, formem uma opinião para depois responderem.

1) Vocês já pensaram viver em um mundo sem a existência de forças de atrito? Como esse mundo deveria ser?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2) Sem a presença de forças de atrito, poderia existir movimento? Argumentem a respeito.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Vamos à atividade experimental. Você e sua equipe devem:

- programar um servo motor controlado por um potenciômetro, de maneira que os valores dos ângulos sejam observados na tela do computador;

- anexar ao servo motor uma placa base para servir de plano inclinado;

- colocar as diferentes faces do bloco sobre o plano, movimentar suavemente o servo motor de maneira a variar a inclinação do plano, observando, em cada caso, os valores obtidos para os ângulos no momento em que se inicia o movimento de deslizamento do bloco;

- anotar os diferentes valores dos ângulos e as respectivas superfícies em contato.

Superfícies em contato:	Valor do ângulo limite (°):	Coefficiente de atrito estático ( $\mu_e$ ):

Obs.: Façam mais de uma medida e anotem o valor médio do ângulo.

Após a atividade, respondam algumas questões:

3) De acordo com os resultados de sua experiência, a força de atrito modifica-se dependendo dos tipos de superfície que interagem entre si? Descreva o que foi observado.

---

---

---

---

4) Você já deve ter percebido que quanto mais pesado é um objeto, mais difícil é arrastá-lo por uma superfície. Será que o peso ou a massa desse objeto tem alguma coisa a ver com a força de atrito? Explique.

---

---

---

---

5) A massa de um objeto altera o coeficiente de atrito entre esse objeto e a superfície em que ele está apoiado?

---

---

---

---

## APÊNDICE B – Relatório da segunda atividade

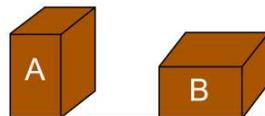
### Atividade nº 2: Determinação de coeficientes de atrito dinâmico.

Grupo: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

**Antes de realizar a atividade, gostaríamos de propor uma questão para reflexão de vocês. Discutam no grupo, formem uma opinião para depois responderem.**

1) Imagine que você tem que empurrar uma grande caixa em formato retangular por uma sala. Supondo que todos os lados da caixa são constituídos do mesmo material, será que o fato de manter a caixa em pé (A) ou deitada (B) fará diferença na hora de empurrá-la? Por quê?




---



---



---

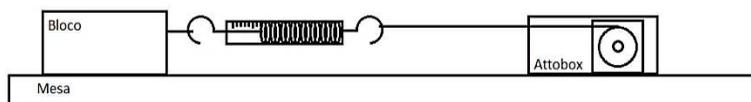


---

**Vamos à atividade experimental. Você e sua equipe devem:**

- programar um motor DC para ser controlado por um potenciômetro;
- anexar ao motor uma roda que servirá de polia;
- fixar uma ponta da corda à polia e outra ponta no dinamômetro que estará em contato com o bloco a ser puxado;
- de maneira suave, faça o motor movimentar-se puxando a corda e observe o que acontece com o dinamômetro antes de iniciar o movimento e após o bloco começar a deslizar pela mesa. Após iniciar o movimento, não mexa no potenciômetro.

**Após montar o esquema potenciômetro, motor, polia, bloco, dinamômetro, conforme desenho abaixo:**



- **Faça medições da marcação do dinamômetro antes de depois de iniciar o movimento.**

**Atenção:** antes de iniciar o movimento, deverá ser anotada a marcação máxima do dinamômetro.

- **Repita o procedimento pelo menos cinco vezes para cada face do bloco, testando as diversas superfícies.**

- **Anote na tabela abaixo os dados obtidos.**

Superfícies em contato:	Valor dinamômetro (N)		Coef. Atrito dinâmico ( $\mu_D$ )
	Antes	Depois	

Obs.: Não se esqueçam de fazer mais de uma medida e anotar o valor médio.

**Após a atividade, respondam algumas questões:**

2) O que vocês observaram na atividade, alterar o tamanho da área em contato modificou o valor da força de atrito?

---



---



---

3) Houve alguma alteração na marcação do dinamômetro antes e depois de iniciar o movimento? Descrevam o que aconteceu.

---



---



---

**Aqui, uma questão para pesquisa:**

4) Porque pneus de F1 são tão largos em comparação com os pneus dos carros de rua?

---



---



---



---

**APÊNDICE C – Diários de campo**

Diário de campo nr: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_

Alunos: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1) Este diário trata de qual atividade?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2) Para realizar a atividade, a sua equipe precisou elaborar alguma estratégia? Foram discutidas hipóteses, ideias para atingir o objetivo? Conseguem descrevê-las?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3) Descrevam o que foi realizado na atividade, as etapas.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4) Quais os conceitos físicos envolvidos na atividade? Você é capaz de descrever de que maneira os conceitos foram utilizados no desenvolvimento das atividades?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5) Em relação a esta atividade, o trabalho em grupo e as discussões contribuíram de alguma forma? Em que?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6) Quais dificuldades vocês enfrentaram durante a atividade, estejam elas relacionadas ao conteúdo ou aos materiais?

---

---

---

---

7) Vocês gostaram da atividade? Por quê? Teve alguma coisa que chamou a atenção de vocês, que os fez pensarem de forma diferente?

---

---

---

---

---

8) O tempo para o desenvolvimento da atividade foi satisfatório?

---

---

---

---

9) Ficou alguma dúvida ou pergunta que gostariam de fazer?

---

---

---

---

---

## APÊNDICE D – Termo de Assentimento



### UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS DEPARTAMENTO DE FÍSICA

#### TERMO DE ASSENTIMENTO

##### Estimado estudante

Você está sendo convidado (a) a participar de um projeto a ser desenvolvido intitulado “**A Robótica Educacional como ferramenta na discussão de conceitos de Mecânica**”. Este projeto faz parte de um trabalho de conclusão de curso (TCC) ligado ao departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Neste estudo, pretendemos desenvolver atividades utilizando a Robótica Educacional (RE), com objetivo de levantar e discutir questões relacionadas à inserção das novas tecnologias dentro das salas de aula, em especial, no ensino de física, oportunizar a discussão e apreensão de conceitos relacionados à Mecânica de uma forma diferenciada, construtiva e colaborativa. Além das atividades será desenvolvido, pelos pesquisadores, um diário de campo onde você descreverá, juntamente com seus colegas, o que foi feito, as estratégias utilizadas para resolução das atividades e outras questões relacionadas às práticas em que se fez uso da Robótica Educacional. Pretendemos aplicar este projeto na sua turma do ensino médio com o intuito de avaliar sua eficácia na aprendizagem destes conhecimentos, os limites e potencialidades desta nova ferramenta, a robótica. O motivo que nos leva a este estudo baseia-se na busca por metodologias de ensino que permitam uma abordagem diferenciada, onde temas de física possam ser tratados de forma mais dinâmica, interativa, onde a participação dos alunos seja mais constante, verificando se, através dessas ferramentas tecnológicas, consegue-se um ambiente de aprendizagem mais rico e/ou melhorias no processo de ensino-aprendizagem.

Os responsáveis por este trabalho são: Toni Fernando Mendes dos Santos, licenciando em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Trindade, o qual poderá ser contatado a qualquer momento pelo telefone: (48) 9184-5784, pelo e-mail: sgttoni@gmail.com ou pessoalmente no endereço: Rua Capitão

Romualdo de Barros, 997, bloco A, apto. 101, bairro Carvoeira, Florianópolis - SC e o seu orientador, Paulo José Sena dos Santos, professor do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3721-3708 ou pelo e-mail: paulo.sena@ufsc.br.

Ao longo de algumas aulas da disciplina de física que ocorrem normalmente no seu colégio, você participará de atividades envolvendo o uso de kits de robótica com objetivo de tornar seu ambiente de aprendizagem mais dinâmico e interativo, com potencial para facilitar seu aprendizado. Nestas atividades você entrará em contato com diversas situações educacionais planejadas para serem executadas de forma individual ou colaborativa. Durante a aplicação do projeto, poderão ser coletados dados através dos seguintes instrumentos:

- Gravações em áudio das discussões em sala de aula;
- Registros escritos pelos alunos;
- Questionários, diário de campo e avaliações *online*.

Estes dados coletados serão analisados posteriormente de forma a garantir o sigilo absoluto sobre a identidade dos participantes, atendendo a legislação brasileira (Resolução N° 466/12 do Conselho Nacional de Saúde). Os resultados deste projeto, cujos, objetivos são estritamente acadêmicos e científicos, poderão ser divulgados através do trabalho de conclusão de curso, artigos científicos e comunicações em congressos, sempre envolvendo o anonimato entre os participantes.

Para participar deste projeto, você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Ressalta-se que não é previsto nenhum risco ou desconforto além dos quais você naturalmente estaria sujeito ao participar de uma atividade educacional coletiva. Você poderá ficar cansado ou aborrecido ao responder questionários, sentir algum desconforto durante as gravações de áudio das discussões em sala de aula ou até mesmo ficar constrangido ao realizar uma atividade colaborativa com os demais colegas. Existe também o risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional caso porventura houver furto ou extravio de computador ou dispositivos com arquivos armazenados. Por isso, o professor/pesquisador e seu orientador comprometem-se a tomar todas as precauções para evitar ou minimizar quaisquer riscos. Salienta-se que ao participar do projeto, você estará contribuindo para a melhoria do ensino de física no país.

Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso venha sofrer algum acidente ou mal-estar durante sua realização,

você será encaminhado aos setores ou órgãos de assistência da escola aos quais normalmente seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar durante qualquer outra atividade escolar. Caso você tenha alguma despesa adicional ou venha a sentir-se lesado física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação no projeto, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e/ou indenização pelos danos sofridos.

Caso você perceba a necessidade de descontinuar a sua participação no projeto, informamos que esta solicitação poderá ser feita a qualquer momento através do contato anteriormente disponibilizado. Você será esclarecido (a) sobre o projeto em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Salienta-se que a aplicação da sequência didática faz parte das aulas regulares da disciplina, assim, a não concordância com a participação no projeto não lhe isenta da realização das atividades propostas em sala de aula pelo professor/pesquisador. Sua participação é voluntária e a recusa em participar no projeto não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido (a) pelo professor/pesquisador.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pela resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais o professor/pesquisador e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone (48) 3721-6094 e pelo e-mail [cep.propesq@contato.ufsc.br](mailto:cep.propesq@contato.ufsc.br). Este termo será assinado em duas vias, uma cópia ficará com você para eventuais consultas e a segunda cópia será arquivada pelo professor/pesquisador.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições para o ensino de física possibilitando o desenvolvimento e avaliação de novas metodologias que facilitem a aprendizagem. Colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o projeto.

### **Declaração do estudante participante**

Após a leitura do termo de consentimento, eu, \_\_\_\_\_, declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do trabalho “A Robótica Educacional como ferramenta na discussão de conceitos de Mecânica”. Declaro estar esclarecido acerca dos propósitos do trabalho, dos procedimentos que serão adotados, das garantias de confidencialidade e de que a qualquer momento posso pedir para que os dados coletados referentes a minha pessoa não sejam utilizados na pesquisa, o que não caracteriza dispensa da realização das atividades propostas em sala de aula.

\_\_\_\_\_  
Estudante convidado e CPF

### **Declaração do pesquisador**

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito de pesquisa, ou do representante legal, para a participação neste projeto. Comprometo-me a conduzir a pesquisa de acordo com o que preconiza a Resolução 466/12 de 12/06/2012, que trata dos preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa.

\_\_\_\_\_  
Toni Fernando Mendes dos Santos  
Licenciando em Física

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos  
Departamento de Física - UFSC

Florianópolis, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

## APÊNDICE E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os pais ou responsáveis



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### Senhores Pais e/ou Responsáveis

Seu (sua) filho (a) está sendo convidado (a) a participar de um projeto a ser desenvolvido intitulado “**A Robótica Educacional como ferramenta na discussão de conceitos de Mecânica**”. Este projeto faz parte de um trabalho de conclusão de curso (TCC) ligado ao departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Neste estudo, pretendemos desenvolver atividades utilizando a Robótica Educacional (RE), com objetivo de levantar e discutir questões relacionadas à inserção das novas tecnologias dentro das salas de aula, em especial, no ensino de física, oportunizar a discussão e apreensão de conceitos relacionados à Mecânica de uma forma diferenciada, construtiva e colaborativa. Além das atividades será desenvolvido, pelos pesquisadores, um diário de campo onde os estudantes descreverão o que foi feito, as estratégias utilizadas para resolução das atividades e outras questões relacionadas às práticas em que se fizer uso da Robótica Educacional. Pretendemos aplicar este projeto na turma do ensino médio com o intuito de avaliar sua eficácia na aprendizagem destes conhecimentos, os limites e potencialidades desta nova ferramenta, a robótica. O motivo que nos leva a este estudo baseia-se na busca por metodologias de ensino que permitam uma abordagem diferenciada, onde temas de física possam ser tratados de forma mais dinâmica, interativa, onde a participação dos alunos seja mais constante, verificando se, através dessas ferramentas tecnológicas, consegue-se um ambiente de aprendizagem mais rico e/ou melhorias no processo de ensino-aprendizagem.

Os responsáveis por este trabalho são: Toni Fernando Mendes dos Santos, licenciando em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Trindade, o qual poderá ser contatado a qualquer

momento pelo telefone: (48) 9184-5784, pelo e-mail: sgttoni@gmail.com ou pessoalmente no endereço: Rua Capitão Romualdo de Barros, 997, bloco A, apto. 101, bairro Carvoeira, Florianópolis - SC e o seu orientador, Paulo José Sena dos Santos, professor do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3721-3708 ou pelo e-mail: paulo.sena@ufsc.br.

Ao longo de algumas aulas da disciplina de física que ocorrem normalmente no colégio de seu (sua) filho (a), os estudantes participarão de atividades envolvendo o uso de kits de robótica com objetivo de tornar seu ambiente de aprendizagem mais dinâmico e interativo, com potencial para facilitar o aprendizado. Nestas atividades os alunos entrarão em contato com diversas situações educacionais planejadas para serem executadas de forma individual ou colaborativa. Durante a aplicação do projeto, poderão ser coletados dados através dos seguintes instrumentos:

- Gravações em áudio das discussões em sala de aula;
- Registros escritos pelos alunos;
- Questionários, diário de campo e avaliações *online*.

Estes dados coletados serão analisados posteriormente de forma a garantir o sigilo absoluto sobre a identidade dos participantes, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde). Os resultados deste projeto, cujos, objetivos são estritamente acadêmicos e científicos, poderão ser divulgados através de trabalho de conclusão de curso, artigos científicos e comunicações em congressos, sempre envolvendo o anonimato entre os participantes.

Para participar deste projeto, o estudante sob sua responsabilidade não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Ressalta-se que não é previsto nenhum risco ou desconforto ao seu (sua) filho (a) além dos quais ele (a) naturalmente estaria sujeito ao participar de uma atividade educacional coletiva como ficar cansado ou aborrecido ao responder questionários, sentir desconforto durante as gravações de áudio das discussões em sala de aula ou até mesmo ficar constrangido ao realizar uma atividade colaborativa com os demais colegas. Existe também o risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional caso porventura houver furto ou extravio de computador ou dispositivos com arquivos armazenados. Por isso o professor/pesquisador e seu orientador comprometem-se a tomar todas as precauções para evitar ou minimizar

qualquer risco. Salienta-se que ao participar do projeto, seu (sua) filho (a) está contribuindo para a melhoria do ensino de física no país.

Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso seu filho (a) sofra algum acidente ou mal-estar durante sua realização, ele (a) será encaminhado (a) aos setores ou órgãos de assistência aos quais seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar durante qualquer outra atividade escolar. Caso seu filho (a) tenha alguma despesa adicional ou sinta-se lesado física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação no projeto, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e indenização pelos danos sofridos.

Caso o Sr. (Sra.) perceba a necessidade de descontinuar a participação do seu (sua) filho (a) no projeto, informamos que esta solicitação poderá ser feita a qualquer momento através do contato anteriormente disponibilizado. O (A) estudante será esclarecido (a) sobre o projeto em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Salienta-se que a aplicação da sequência didática faz parte das aulas regulares da disciplina, assim, a não concordância com a participação no projeto não isenta o estudante das atividades propostas em sala de aula pelo professor/pesquisador. A participação dele (a) é voluntária e a recusa em participar no projeto não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido (a) pelo professor/pesquisador.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pela resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais o professor/pesquisador e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone (48) 3721-6094 e pelo e-mail [cep.propesq@contato.ufsc.br](mailto:cep.propesq@contato.ufsc.br). Este termo será assinado em duas vias, uma cópia ficará com o Sr. (Sra.) para eventuais consultas e a segunda cópia será arquivada pelo professor/pesquisador.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições para o ensino de física possibilitando o desenvolvimento e avaliação de novas

metodologias que facilitem a aprendizagem. Colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o projeto.

### **Declaração dos pais ou responsáveis**

Após a leitura do termo anteriormente exposto, eu, \_\_\_\_\_, CPF nº: \_\_\_\_\_, declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do projeto intitulado “A Robótica Educacional como ferramenta na discussão de conceitos de Mecânica”. Declaro estar esclarecido acerca dos propósitos do trabalho, dos procedimentos que serão adotados, das garantias de confidencialidade e de que a qualquer momento posso pedir esclarecimentos. Afirmando ter conhecimento também da garantia por parte dos pesquisadores, de acesso à documentação referente ao trabalho, quando assim o desejar, e da possibilidade de retirada do meu consentimento de utilização das informações coletadas sem penalidades ou prejuízos. Declaro também ter recebido uma via original desse documento, rubricada em todas as páginas e assinada por mim e pelo professor/pesquisador. Para finalizar, declaro concordar voluntariamente que meu filho (a) \_\_\_\_\_ participe da coleta dos dados deste projeto.

---

Assinatura da mãe, pai ou responsável e CPF

### **Declaração do pesquisador**

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito de pesquisa, ou do representante legal, para a participação neste projeto. Comprometo-me a conduzir a pesquisa de acordo com o que preconiza a Resolução 466/12 de 12/06/2012, que trata dos preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa.

---

Toni Fernando Mendes dos Santos  
Licenciando em Física

---

Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos  
Departamento de Física - UFSC

Florianópolis, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

## APÊNDICE F – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os professores



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### Senhor(a) Professor(a)

Gostaríamos de desenvolver algumas atividades de pesquisa envolvendo alunos de sua(s) turma(s). Eles serão convidados a participar de um projeto a ser desenvolvido intitulado “**A Robótica Educacional como ferramenta na discussão de conceitos de Mecânica**”. Este projeto faz parte de um trabalho de conclusão de curso (TCC) ligado ao departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Neste estudo, pretendemos desenvolver atividades utilizando a Robótica Educacional (RE), com objetivo de levantar e discutir questões relacionadas à inserção das novas tecnologias dentro das salas de aula, em especial, no ensino de física, oportunizar a discussão e apreensão de conceitos relacionados à Mecânica de uma forma diferenciada, construtiva e colaborativa. Além das atividades será desenvolvido, pelos pesquisadores, um diário de campo onde os estudantes descreverão o que foi feito, as estratégias utilizadas para resolução das atividades e outras questões relacionadas às práticas em que se fizer uso da Robótica Educacional. Pretendemos aplicar este projeto na turma do ensino médio com o intuito de avaliar sua eficácia na aprendizagem destes conhecimentos, os limites e potencialidades desta nova ferramenta, a robótica. O motivo que nos leva a este estudo baseia-se na busca por metodologias de ensino que permitam uma abordagem diferenciada, onde temas de física possam ser tratados de forma mais dinâmica, interativa, onde a participação dos alunos seja mais constante, verificando se, através dessas ferramentas tecnológicas, consegue-se um ambiente de aprendizagem mais rico e/ou melhorias no processo de ensino-aprendizagem.

Os responsáveis por este trabalho são: Toni Fernando Mendes dos Santos, licenciando em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Trindade, o qual poderá ser contatado a qualquer

momento pelo telefone: (48) 9184-5784, pelo e-mail: sgttoni@gmail.com ou pessoalmente no endereço: Rua Capitão Romualdo de Barros, 997, bloco A, apto. 101, bairro Carvoeira, Florianópolis - SC e o seu orientador, Paulo José Sena dos Santos, professor do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3721-3708 ou pelo e-mail: paulo.sena@ufsc.br.

Caso esteja de acordo, ao longo de algumas aulas da disciplina de física, os estudantes participarão de atividades envolvendo o uso de kits de robótica com objetivo de tornar seu ambiente de aprendizagem mais dinâmico e interativo, com potencial para facilitar o aprendizado. Nestas atividades os alunos terão a possibilidade de entrar em contato com diversas situações educacionais planejadas para serem executadas de forma individual ou colaborativa.

Durante a aplicação do projeto, poderão ser coletados dados através dos seguintes instrumentos:

- Gravações em áudio das discussões em sala de aula;
- Registros escritos pelos alunos;
- Questionários, diário de campo e avaliações *online*.

Os dados coletados serão analisados posteriormente de forma a garantir o sigilo absoluto sobre a identidade dos participantes, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde). Os resultados deste projeto, cujos, objetivos são estritamente acadêmicos e científicos, poderão ser divulgados através de trabalho de conclusão de curso, artigos científicos e comunicações em congressos, sempre envolvendo o anonimato entre os participantes.

Para participar deste projeto, o estudante sob sua responsabilidade não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Ressalta-se que não é previsto nenhum risco ou desconforto para eles além dos quais já naturalmente estaria sujeito ao participar de uma atividade educacional coletiva como ficar cansado ou aborrecido ao responder questionários, sentir desconforto durante as gravações de áudio das discussões em sala de aula ou até mesmo ficar constrangido ao realizar uma atividade colaborativa com os demais colegas. Existe também o risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional caso porventura houver furto ou extravio de computador ou dispositivos com arquivos armazenados. Por isso o professor/pesquisador e seu orientador comprometem-se a tomar todas as precauções para evitar ou minimizar

qualquer risco. Salienta-se que ao participar do projeto, seu (sua) aluno (a) está contribuindo para a melhoria do ensino de física no país.

Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso seu aluno (a) sofra algum acidente ou mal-estar durante sua realização, ele (a) será encaminhado (a) aos setores ou órgãos de assistência aos quais seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar durante qualquer outra atividade escolar. Caso seu aluno (a) tenha alguma despesa adicional ou sinta-se lesado física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação no projeto, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e indenização pelos danos sofridos.

Caso o Sr. (Sra.) perceba a necessidade de descontinuar a participação de sua(s) turma(s) no projeto, informamos que esta solicitação poderá ser feita a qualquer momento através do contato anteriormente disponibilizado ou pessoalmente. Além disso, os estudantes receberão esclarecimentos sobre o projeto e sobre quaisquer aspectos que desejarem e estarão livres para participarem ou não.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pela resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais o professor/pesquisador e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone (48) 3721-6094 e pelo e-mail [cep.propesq@contato.ufsc.br](mailto:cep.propesq@contato.ufsc.br). Este termo será assinado em duas vias, uma cópia ficará com o Sr. (Sra.) para eventuais consultas e a segunda cópia será arquivada pelo professor/pesquisador.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições para o ensino de física possibilitando o desenvolvimento e avaliação de novas metodologias que facilitem a aprendizagem. Colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o projeto.

### **Declaração do professor(a)**

Após a leitura do termo anteriormente exposto, eu, \_\_\_\_\_, CPF nº: \_\_\_\_\_ declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do projeto intitulado “A Robótica Educacional como ferramenta na discussão de conceitos de Mecânica”. Declaro estar esclarecido acerca dos propósitos do trabalho, dos procedimentos que serão adotados, das garantias de confidencialidade e de que a qualquer momento posso pedir esclarecimentos. Afirmando ter conhecimento também da garantia por parte dos pesquisadores, de acesso à documentação referente ao trabalho, quando assim o desejar, e da possibilidade de retirada do meu consentimento de utilização das informações coletadas sem penalidades ou prejuízos. Declaro também ter recebido uma via original desse documento, rubricada em todas as páginas e assinada por mim e pelo professor/pesquisador. Para finalizar, declaro concordar voluntariamente com a participação da(s) minha(s) turma(s) na coleta dos dados deste projeto.

---

Assinatura do professor e CPF

### **Declaração do pesquisador**

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito de pesquisa, ou do representante legal, para a participação neste projeto. Comprometo-me a conduzir a pesquisa de acordo com o que preconiza a Resolução 466/12 de 12/06/2012, que trata dos preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa.

---

Toni Fernando Mendes dos Santos  
Licenciando em Física

---

Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos  
Departamento de Física - UFSC

Florianópolis, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.