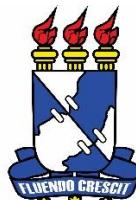


**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Universidade Federal de Sergipe



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**ELABORAÇÃO DE UMA UNIDADE DE  
ENSINO PARA INVESTIGAÇÃO DA TENSÃO DE  
CORTE DO LED.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ROBSON DOMINGOS DA CRUZ SANTOS**

**São Cristóvão**

**Janeiro/2020**

**ROBSON DOMINGOS DA CRUZ SANTOS**

**ELABORAÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO PARA  
INVESTIGAÇÃO DA TENSÃO DE CORTE DO LED.**

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

Orientador(es): Profº. Drº. Samuel Rodrigues de Oliveira Neto

São Cristóvão  
Janeiro/2020

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me proporcionar oportunidades de crescimento profissional e pessoal, e a minha família, pelo amor e apoio incondicional.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Sergipe pela oportunidade proporcionada. Pela organização, e manutenção do programa de pós-graduação.

Ao departamento de física, DFI, a todos os professores do MNPEF polo 11, representados pelo coordenador Sergio Scarano Junior.

A todos os amigos da turma de 2017/2, que compartilharam suas vivências e experiencias em sala de aula comigo, e me ajudaram em todos os momentos ao longo desses dois anos de curso.

Ao meu orientador Profº. Drº. Samuel Rodrigues de Oliveira Neto, pela paciência, e principalmente por compartilhar seus conhecimentos comigo durante todo esse período.

Por fim, quero agradecer aos amigos, Rodrigo Luiz, Tânia Epifânio, Alex Pontes, Denis Berti, Cleidiane Fontes, Paula Menezes, Cintia Sena, Keziah e Jenisson, entre vários outros que a todo momento me deram apoio e sustentação nos momentos difíceis ao longo desses dois anos.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**PODS** – PREVISÃO, OBSERVAÇÃO, DEMONSTRAÇÃO E SINTÉSE.

**FQ** – FÍSICA QUÂNTICA.

**EM** – ENSINO MÉDIO.

**FMC** – FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

**FM** – FÍSICA MODERNA.

**LED** – LIGHT EMITTING DIODE (DIODO EMISSOR DE LUZ)

**GAP** – BAND GAP (BANDA PROIBIDA)

**PN** – JUNÇÃO PN (DOIS SEMICONDUTORES TIPO ‘P’ E TIPO ‘N’)

**FC** – FÍSICA CLÁSSICA

**RGB** – RED, GREEN E BLUE.

**TV** – TELEVISÃO.

**IDE** – INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT, OU AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1. Bandas de energia com sobreposição de níveis de energia. Disponível em <a href="https://sites.google.com/site/marcioperon/ufscar/pesquisa/semicondutores">https://sites.google.com/site/marcioperon/ufscar/pesquisa/semicondutores</a> , Acesso em 21/04/2020. ....	11
Figura 4-2. Bandas de energia com sobreposição de níveis de energia. Disponível <a href="http://docplayer.com.br/30656212-Aula-5_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html">http://docplayer.com.br/30656212-Aula-5_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html</a> , Acesso em 28/04/2020. ....	12
Figura 4-3. Semicondutores do tipo N e tipo P. Disponível em <a href="https://www.coladaweb.com/fisica/eletRICIDADE/semicondutores">https://www.coladaweb.com/fisica/eletRICIDADE/semicondutores</a> , Acesso em 20/11/2019. ....	13
Figura 4-4. Junção PN. Disponível em <a href="https://www.ufrgs.br/enfitecjunior/2018/04/19/diodo-emissor-de-luz-led/">https://www.ufrgs.br/enfitecjunior/2018/04/19/diodo-emissor-de-luz-led/</a> . Acesso 20/11/2019. ....	14
Figura 4-5. Representação da ligação de um diodo. Disponível em <a href="http://www.mecaweb.com.br/eletronica/content/e_diodo">http://www.mecaweb.com.br/eletronica/content/e_diodo</a> . Acesso 15/12/2019. ....	15
Figura 4-6. Representações de um diodo. Disponível em <a href="http://www.vandertronic.com/index.php/diodos/">http://www.vandertronic.com/index.php/diodos/</a> . Acesso 15/12/2019. ....	16
Figura 4-7. Tipos de LED's encapsulados e de alto brilho. Disponível em <a href="https://troniquices.wordpress.com/2007/10/24/como-acender-um-led/">https://troniquices.wordpress.com/2007/10/24/como-acender-um-led/</a> . Acesso 15/12/2019. ....	18
Figura 5-1. Escola Emir de Macedo Gomes. Fonte: Google Mapas. ....	22
Figura 5-2. Laboratório de Informática LIED. ....	22
Figura 5-3. Sala de aula. ....	23
Figura 8-1. Abrindo site e baixando o programa. ....	44
Figura 8-2. Abrindo o programa e selecionando a opção ferramenta para criar retângulos. ....	45
Figura 8-3. Criando o primeiro retângulo. ....	46
Figura 8-4. Subtraindo a área de um retângulo em outro. ....	46
Figura 8-5. Girando a figura. ....	47
Figura 8-6. Adicionando uma mola ao lançador. ....	47
Figura 8-7. Retirando o atrito entre a base e o êmbolo. ....	48
Figura 8-8. Fixando a base no plano. ....	49

Figura 8-9. Modificando as propriedades da mola .....	49
Figura 8-10. Criando o retângulo e círculo para recorte da rampa.....	50
Figura 8-11. Redimensionando o círculo. ....	51
Figura 8-12. Imagem do plano cortado. ....	51
Figura 8-13. Conjunto final e adicionando fixadores às outras duas figuras. ....	52
Figura 8-14. Dando play na simulação.....	53
Figura 8-15. Habilitando a função ver forças e velocidades. ....	53
Figura 8-16. Habilitando a função ver forças e velocidades. ....	54
Figura 8-17. Fazendo o download do programa.....	56
Figura 8-18. Abrindo o Scidavis e copiando os valores do monitor serial para o Scidavis.....	57
Figura 8-19. Colando os dados no editor de texto.....	57
Figura 8-20. Importando os dados.....	58
Figura 8-21. Selecionando separador. ....	59
Figura 8-22. Removendo colunas extras. ....	59
Figura 8-23. Criando o gráfico no Scidavis.....	60
Figura 8-24. Limitando a construção da reta do ajuste linear. ....	61
Figura 8-25. Ajustando uma reta. ....	61
Figura 8-26. Dados do ajuste.....	62
Figura 8-27. Terminais de uma LED. Próprio autor.....	63
Figura 8-28. Conexão direta do LED, nos circuitos. ....	63
Figura 8-29. Escolhendo o sentido convencional da corrente. ....	64
Figura 8-30. Representação do circuito utilizado nas com demonstração. ....	65
Figura 8-31. Executando Applet no navegador. ....	66
Figura 8-32. Executando o Applet.....	67
Figura 8-33. Abrindo e executando. ....	67
Figura 8-34. Abrindo a internet Explorer a partir do Edge. ....	68
Figura 8-35. Aplicação bloqueada pelo navegador. ....	69
Figura 8-36. Selecionando a opção “opções de internet” .....	69
Figura 8-37. Adicionando o link em sites confiáveis. ....	70
Figura 8-38. Abrindo as configurações Java. ....	70
Figura 8-39. Abrindo e selecionando a opção editar lista de sites. ....	71
Figura 8-40. Adicionando o link. ....	71

Figura 2-1. Bandas de energia com sobreposição de níveis de energia. Disponível em <a href="https://sites.google.com/site/marcioperon/ufscar/pesquisa/semicondutores">https://sites.google.com/site/marcioperon/ufscar/pesquisa/semicondutores</a> , Acesso em 21/04/2020.	8
Figura 2-2. Bandas de energia com sobreposição de níveis de energia. Disponível <a href="http://docplayer.com.br/30656212-Aula-5_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html">http://docplayer.com.br/30656212-Aula-5_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html</a> , Acesso em 28/04/2020.	9
Figura 2-3. Semicondutores do tipo N e tipo P. Disponível em <a href="https://www.coladaweb.com/fisica/eletRICIDADE/semicondutores">https://www.coladaweb.com/fisica/eletRICIDADE/semicondutores</a> , Acesso em 20/11/2019.	10
Figura 2-4. Junção PN. Disponível em <a href="https://www.ufrgs.br/enfitecjunior/2018/04/19/diodo-emissor-de-luz-led/">https://www.ufrgs.br/enfitecjunior/2018/04/19/diodo-emissor-de-luz-led/</a> . Acesso 20/11/2019.	11
Figura 3-1. Placa Arduino UNO. Disponível em <a href="https://tamilarduino.blogspot.com/2017/03/arduino-cnc-router-using-grbl-v3-shield.html">https://tamilarduino.blogspot.com/2017/03/arduino-cnc-router-using-grbl-v3-shield.html</a> . Acesso em 17/01/2019.	12
Figura 3-2. : Página inicial do site <a href="https://www.arduino.cc">https://www.arduino.cc</a> . Fonte própria.	13
Figura 3-3. Baixando o IDE. Fonte própria.	14
Figura 3-4. Selecionando a opção do programa operacional. Fonte própria.	14
Figura 3-5. Optando por não contribuição. Fonte própria.	15
Figura 3-6. Tela inicial do IDE do Arduino. Fonte própria.	16
Figura 3-7. Declarando variáveis. Fonte própria.	17
Figura 3-8. Funções utilizadas no Sketch. Fonte própria.	18
Figura 4-1. Tipos de LED's encapsulados e de alto brilho. Disponível em <a href="https://troniquices.wordpress.com/2007/10/24/como-acender-um-led/">https://troniquices.wordpress.com/2007/10/24/como-acender-um-led/</a> . Acesso 15/12/2019.	20
Figura 4-2. Representação de um resistor. Fonte própria.	21
Figura 4-3. Cores de um resistor e como determinar a resistência através das mesmas. Disponível em <a href="https://athoselectronics.com/resistor/">https://athoselectronics.com/resistor/</a> , acesso em 20/01/2020.	21
Figura 4-4. Protoboard. Disponível em <a href="https://athoselectronics.com/protoboard-simulador-online/">https://athoselectronics.com/protoboard-simulador-online/</a> , acesso em 20/01/2020.	22
Figura 4-5. Potenciômetro. Disponível em <a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79547655">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79547655</a> , acesso em 20/01/2020.	23

Figura 4-6. : Ligações de um potenciômetro. Disponível em <a href="http://www.comofazerascoisas.com.br/potenciometro-o-que-e-para-que-serve-e-como-funciona.html">http://www.comofazerascoisas.com.br/potenciometro-o-que-e-para-que-serve-e-como-funciona.html</a> , acesso em 20/01/2020 .....	23
Figura 5-1. Esquema para montagem do circuito. Próprio autor. ....	24
Figura 5-2. Representação do circuito utilizado. Próprio autor.....	24
Figura 5-3. Conectando o potenciômetro na placa. ....	26
Figura 5-4. Conectando o LED ao lado do potenciômetro. ....	26
Figura 5-5. Um resistor em série com o LED.....	27
Figura 5-6. Um resistor em série com o LED e como o potenciômetro.....	27
Figura 5-7. Segundo resistor em paralelo com o resistor 1 + LED. ....	28
Figura 5-8. Conexão do GND. ....	28
Figura 5-9. Conexão do positivo. ....	29
Figura 5-10. Conexão das portas. ....	29
Figura 5-11. Conexão da porta A0. ....	30
Figura 5-12. Conexão da porta A1. ....	30
Figura 5-13. Conexão da porta A2. ....	31
Figura 5-14. Circuito montado. ....	31
Figura 5-15. Selecionando a porta serial. ....	33
Figura 5-16. Conectando a placa Arduino no computador.....	33
Figura 5-17. Transferindo dados para a placa Arduino. ....	34
Figura 5-18. Abrindo monitor serial.....	34
Figura 5-19. Desmarcando a opção Auto-rolagem.....	35
Figura 5-20. Selecionando os dados. ....	35
Figura 5-21. Colando os dados no editor de texto. ....	36
Figura 7-1. A1 - Dando play na simulação.....	41
Figura 7-2. A2 - Habilitando a função ver forças e velocidades. ....	41
Figura 7-3. A3 - Habilitando a função ver forças e velocidades. ....	42
Figura 7-4. B1: Esquema para montagem do circuito. <b>Próprio autor</b> .....	45
Figura 7-5. B2– Representação do circuito utilizado. <b>Próprio autor</b> .....	45
Figura 7-6. B3 Circuito principal. ....	48
Figura 7-7. Abrindo site e baixando o programa.....	50
Figura 7-8. Abrindo o programa e selecionando a opção ferramenta para criar retângulos. ....	51
Figura 7-9. Criando o primeiro retângulo.....	52

Figura 7-10. Subtraindo a área de um retângulo em outro.....	52
Figura 7-11. Girando a figura.....	53
Figura 7-12. Adicionando uma mola ao lançador.....	53
Figura 7-13. Retirando o atrito entre a base e o êmbolo .....	54
Figura 7-14. Fixando a base no plano. ....	54
Figura 7-15. Modificando as propriedades da mola.....	55
Figura 7-16. Criando o retângulo e círculo para recorte da rampa.....	56
Figura 7-17. Redimensionando o círculo. ....	56
Figura 7-18. Imagem do plano cortado. ....	57
Figura 7-19. Conjunto final e adicionando fixadores às outras duas figuras. ....	57
Figura 7-20. Fazendo o download do programa.....	58
Figura 7-21. Abrindo o Scidavis e copiando os valores do monitor serial para o Scidavis.....	59
Figura 7-22. Colando os dados no editor de texto.....	59
Figura 7-23. Colando os dados no editor de texto.....	60
Figura 7-24. Selecionando separador. ....	61
Figura 7-25. Removendo colunas extras. ....	61
Figura 7-26. Criando o gráfico no Scidavis.....	62
Figura 7-27. Limitando a construção da reta do ajuste linear. ....	63
Figura 7-28. Ajustando uma reta. ....	63
Figura 7-29. Dados do ajuste .....	64

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 3-1. Ambiente de aprendizagem ativa versus passiva .....	6
Tabela 4-1. Cor emitida da junção PN em função do material utilizado em sua formação. Disponível em: <a href="https://www.electronica-pt.com/led">https://www.electronica-pt.com/led</a> . Acesso em 09/02/2020. .....	18
Tabela 5-1. Resumo dos encontros.....	24
Tabela 5-2. Tempo gasto em cada etapa das sequências. O tempo posto aqui é baseado nas aulas de 55 minutos da escola, já descontando os 15 minutos de atraso do intervalo.....	24

## **LISTA DE EQUAÇÕES**

Equação (4.1).....	17
Equação (4.2).....	17
Equação (4.3).....	17
Equação (8.1).....	64
Equação (8.2).....	64
Equação (8.3).....	64

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 5-1. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 1 das previsões iniciais. ....	29
Gráfico 5-2. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 1 das previsões finais. ....	30
Gráfico 5-3. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 2 das previsões iniciais. ....	31
Gráfico 5-4. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 2 das previsões finais. ....	32
Gráfico 5-5. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 3 das previsões iniciais. ....	33
Gráfico 5-6. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 3 das previsões finais. ....	34
Gráfico 5-7. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 4 das previsões iniciais. ....	35
Gráfico 5-8. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 4 das previsões finais. ....	36
Gráfico 5-9. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 5 das previsões iniciais. ....	37
Gráfico 5-10. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 5 das previsões finais. ....	37

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1.	O Ensino de Física Moderna .....	4
3.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS.....	5
3.1.	Aprendizagem Ativa no Ensino da Física.....	5
3.2.	Aprendizagem Significativa de David Ausubel .....	7
3.3.	Organizadores Prévios.....	8
3.4.	O Ciclo PODS .....	9
4.	OS SEMICONDUTORES.....	11
4.1.	Semicondutores - Teoria da Bandas.....	11
4.2.	Aplicação do Semicondutores .....	13
4.2.1.	Junção PN .....	13
4.2.1.1.	Diodo e o Diodo Emissor de Luz (LED) .....	15
5.	Metodologia.....	21
5.1.	Relato da aplicação.....	22
5.1.1.	Público Alvo .....	22
5.1.2.	Ambientes Utilizados.....	22
5.1.3.	Relato .....	23
5.1.3.1.	Utilização dos métodos ativos .....	25
5.1.4.	Primeiro Encontro: Apresentação da proposta, Previsão e Observação. 26	
5.1.5.	Segundo Encontro: Execução da sequência (Apêndice B do produto), discussão sobre os resultados.....	26
5.1.6.	Terceiro Encontro: Introduzir a aula demonstrativa, recolher as previsões. 26	

5.1.7. Quarto Encontro: Demonstração com Arduino, previsões finais, considerações finais do professor .....	27
5.1.8. Resultados e análises .....	28
5.1.8.1. Conceitos abordados durante a demonstração .....	28
5.1.8.2. Pergunta 1: Sabe o que são semicondutores? Se sim, justifique sua resposta. ....	29
5.1.8.3. Pergunta 2: Sabe o que é uma junção PN? Se sim, justifique....	31
5.1.8.4. Pergunta 3: Sabe o que são os fótons? .....	32
5.1.8.5. Pergunta 4: Ao variarmos a resistência no potenciômetro o brilho no LED irá variar? Justifique.....	35
5.1.8.6. Pergunta 5: Existe uma tensão mínima para que o LED possa começar a emitir luz? Qual essa tensão? Justifique.....	37
6. CONCLUSÃO.....	39
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
8. APÊNDICES .....	44
8.1. Apêndice A – Construção do modelo mecânico .....	44
8.2. Apêndice B – Proposta de sequência para o organizador prévio .....	52
8.3. Apêndice C – Programa para obter a tensão de corte. ....	55
8.4. Apêndice D – Tratamento dos dados no Scidavis.....	56
8.5. Apêndice E – Conexão Direta no LED. ....	63
8.6. Apêndice F – Determinando o Resistor para cada LED. ....	64
8.7. Apêndice G – O circuito principal .....	65
8.8. Apêndice H - Formação da Junção PN. ....	66
8.9. Apêndice I - Erros ao executar os Applets.....	68
8.10. O Produto .....	1

## RESUMO

Elaboração de uma unidade de ensino para investigação da tensão de corte do LED.

Robson Domingos da Cruz Santos

Orientador:

Profº. Drº. Samuel Rodrigues de Oliveira Neto

O ensino de física no Ensino Médio deve permitir a construção de conhecimentos necessários para a compreensão do mundo contemporâneo. Propomos aqui uma sequência, embasada na aprendizagem significativa de David Ausubel e organizadores prévios, que nos permite aproximar o aluno das novas tecnologias, e não somente isso, permite que ele tenha uma noção da física por traz dessas tecnologias, e saiba também as identificar. A sequência foi dividida em dois momentos, no primeiro aplicamos um organizador prévio implementado no Algodo, utilizando os passos do ciclo PODS (*Previsão, Observação, Demonstração e Síntese*), que teve por objetivo desenvolver conceitos existentes na estrutura cognitiva dos alunos, necessários para a aprendizagem do conceito principal. No segundo momento foi desenvolvida uma aula demonstrativa com o Arduino utilizando um circuito simples que pudesse modificar o fluxo de corrente que passava no LED, obtendo um gráfico de tensão *versus* corrente para determinar a tensão de corte. Durante a demonstração fez-se necessário comentários sobre formação da barreira de potencial, teoria de bandas, semicondutores e junção PN. Concluímos que embora esta atividade ilustre a aplicação prática desses conceitos, estes necessitam de uma abordagem individual mais profunda para a assimilação adequada dos seus significados.

Palavras-chave: Ensino de Física, Física Moderna, PODS, Arduino.

São Cristóvão

Janeiro/2020

## ABSTRACT

Development of a teaching unit to investigate the LED shear voltage.

The teaching of physics in high school should allow the construction of knowledge necessary for understanding the contemporary world. Here is a sequence, based on the significant learning of David Ausubel and previous organizers, that allows students to get closer to new technologies, and not only that, it allows them to have a sense of physics behind these technologies, and also to know how to identify. The sequence was divided into two moments, in the first application, an organizer previously implemented in Algodoor, using the steps of the PODS cycle (*Prediction, Observation, Demonstration and Synthesis*), which aimed at the concept of students' cognitive structure management, used for: learning the main concept. In the second moment, a demonstration class was developed with the Arduino, using a simple circuit that can modify the current flow that passes through the LED, obtaining a voltage versus current graph to determine the cut-off voltage. During a demonstration, comments were required on the formation of potential barriers, band theory, semiconductors and PN junction. It concludes that although this activity illustrates the practical application of these concepts, these procedures have a deeper individual approach for the adequate assimilation of their meanings.

Keywords: Teaching Physics, Modern Physics, PODS, Arduino.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da publicação da LDB em 1996, a formação dos alunos no Ensino Médio sofreu grandes mudanças em suas concepções. De uma visão que residia prioritariamente na preparação dos alunos para continuidade dos seus estudos nas universidades, passou a acompanhar as mudanças ocorridas na sociedade como o crescimento vertiginoso dos mecanismos de comunicação e a ampla crescente possibilidade de acesso, a toda população, a esses mecanismos.

O ensino de física no Ensino Médio deve permitir a construção de conhecimentos necessários para a compreensão do mundo contemporâneo. Sabemos como o desenvolvimento da física influenciou as transformações sociais sofridas, principalmente a partir do século XX, até os dias de hoje. Por exemplo, compreender a importância da física na corrida espacial, bem como, nos avanços na tecnologia das informações, no aumento da expectativa de vida das populações ou na percepção dos problemas ambientais.

A escola do século XXI deve reduzir a distância entre a ciência e a cultura presente em nosso cotidiano. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) para o Ensino Médio, a Física deve ser compreendida como parte integrante da cultura humana contemporânea, isto pode ser desenvolvido em manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de música, nas tecnologias e em muitos outros setores (PCN+, Brasil 2000).

Segundo Robilotta, o fracasso evidente no que se refere à aprendizagem em física, se dá pelo fato de que, o conhecimento discutido em sala não se encaixa na realidade dos alunos, bem como, o ensino de física ministrado nas escolas, é proporcionado de forma que não desenvolve nos estudantes sua criatividade e nem seu senso crítico (ROBILOTTA, 1998).

Ainda em pleno século XXI, a física lecionada no Ensino Médio baseia-se em treino para testes, algo mecanizado, respostas sem indagações, ou seja, ainda centrada no docente, e desatualizada em relação às tecnologias e aos conteúdos mais atuais, como a Física Moderna e Contemporânea (MOREIRA, 2013). Mas de nada adianta pensar na forma de ensinar, se os métodos avaliativos não forem modificados também. Cobrar em avaliações apenas o que contém nos livros, ou o que foi passado em sala, não

favorece o crescimento dos alunos. É preciso desafiar-los para que possam ir além do que é visto em sala de aula.

A física deve ser apresentada como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão física que descreve os componentes eletroeletrônicos, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos, (PCN+, Brasil 2000).

É preciso também incorporar, ao ensino da Física, as tecnologias de informação e comunicação, assim como aspectos epistemológicos, históricos, sociais, culturais etc. Inerentes a esses aspectos estão os avanços tecnológicos. Por exemplo, qual fenômeno físico por trás dos dispositivos semicondutores, responsáveis por grande revolução na década de 60. Assim como os semicondutores, o enorme avanço tecnológico em inúmeras áreas da sociedade foi possível graças ao advento da Física Moderna. (Moreira, 2013)

Mesmo após um século, os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea são inseridos nos livros didáticos de forma tímida. Embora sejam abordadas, os livros lhes dão pouco créditos, são apresentadas nos capítulos finais dos livros de terceira série do ensino médio. Segundo Terrazan, a física moderna e contemporânea é pouco abordada no ensino médio devido a existência de algumas preocupações, a primeira, no que diz respeito a agregação do conteúdo ao currículo do Ensino médio, e a outra, na necessidade da modernização das metodologias utilizadas em sala. Uma solução, pode ser resolvida discutindo sobre o nível de aprofundamento matemático da mesma, bem como apresentando-a nos limites da Física Clássica (SILVEIRA, 2016).

Para Dominguini, Maximiano e Cardoso (2012), o panorama da inserção da Física Moderna e Contemporânea nas escolas de Ensino Médio mudou bastante. Segundo eles, a reformulação do currículo do EM tornou-se realidade a partir do momento em que a Física Moderna e Contemporânea passou a ter mais expressão nos livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático – PNLD.

Como podemos observar, torna-se urgente introduzir tais conceitos nas escolas de ensino médio, dando maior ênfase ao desenvolvimento da Física Moderna e Contemporânea deixando de tratar-la apenas como mera curiosidade, mas sim

apresentando-a como a Física que dá conta de novas necessidades que estão cada vez mais presentes no modo de vida do homem contemporâneo constituindo-se numa nova forma de ver o mundo. (BANDEIRA, 2017)

Propomos aqui uma unidade de investigação dividida em dois momentos, um organizador prévio com aplicação do ciclo PODS implementado com o Algodoor, e uma aula com demonstração implementada com o Arduino, para trabalhar o conceito da tensão de corte na emissão de luz pelo LED.

Como objetivos específicos, queremos promover ao aluno uma aprendizagem conceitual, introdutória, sobre os conceitos;

- Barreira de potencial
- Energia de GAP.
- Semicondutores.
- Tensão de corte.

O trabalho inicia-se com uma introdução/justificativa sobre desafios da implementação do novo ensino médio desde a publicação da LDB em 1996, sobre os desafios do ensino de Física Moderna e Contemporânea nas escolas de Ensino Médio. No capítulo 2, é feita uma revisão literária acerca do ensino de Física Moderna e Contemporânea nas escolas de Ensino Médio. O capítulo 3 traz o referencial teórico, baseando-se nas ideias de David Ausubel sobre aprendizagem significativa e seus organizadores prévios. Aqui definimos e caracterizamos o ciclo PODS, bem como sua importância em metodologias ativas. No capítulo 4, discutimos a origem da Física Quântica, e como esse marco ajudou no desenvolvimento dos semicondutores. Ainda nesse capítulo, tratamos sobre a teoria de bandas, junção PN e o processo de dopagem em cristais semicondutores para desenvolvimento dos LEDs e transistores, bem como, as aplicações dos materiais semicondutores. O uso do Arduino e do Algodoor como ferramenta de aprendizagem no ensino da física, também é relatado neste capítulo. No capítulo 5, apresentamos o produto, justificando o desenvolvimento do mesmo, apresentando os materiais, as sequências utilizadas, a montagem do circuito e a metodologia utilizada na aplicação do produto. Ainda do capítulo 5, discorremos sobre algumas observações, feitas durante a aplicação do produto, sugerimos adaptações, e por fim tecemos alguns comentários acerca da utilização de um análogo mecânico na aprendizagem de conceitos físicos. Por fim, o capítulo 6 é reservado as conclusões gerais sobre o produto e sua aplicação.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O Ensino de Física Moderna

É sabido que o ensino de física moderna, nas escolas de Ensino Médio, não acompanha os avanços tecnológicos alcançados das últimas décadas. Isso se deve não somente a um currículo desatualizado, e principalmente descontextualizado da realidade dos alunos, mas também, a prática pedagógica monótona e desestimulante.

Segundo a LDB e PCN+, o ensino médio deve priorizar a formação geral do aluno, estimular o desenvolvimento da pesquisa, a busca pela informação, e desenvolver sua capacidade de aprender e criar. Em específico para o ensino da física, nos textos citados, explicitam que o ensino da física deve visar uma formação científica mais crítica e, consequentemente, mais adequada à formação da cidadania (LDB, 1996) e (PCN+, 2002).

O currículo de física deve despertar a curiosidade sobre o mundo em volta dos alunos, e ajudá-lo a entender a razão e a natureza do trabalho científico, desconstruindo a ideia de que o desenvolvimento científico é linear, como é apresentado nos livros atuais (MORREIRA, 1999).

Os estudantes dificilmente tem contato com os tópicos relacionados a física moderna no ensino médio, pois o currículo usualmente se limita apenas em temas como Mecânica, Física Térmica, Ondas, óptica e eletricidade e magnetismo. A ausência destes conteúdos impossibilita uma maior experiência dos alunos com o mundo tecnológico. Segundo Terrazzan os tópicos de física moderna a serem implementados na física do Ensino Médio, devem ser acompanhados de leis gerais e princípios fundamentais sem tanta exigência de cálculos, e discussão dos limites dos modelos clássicos (TERRAZZAN, 1992).

Os autores Gil-Sobes, sugerem que para que os alunos possam entender melhor a importância da física moderna é necessário proporcionar a eles, atividades que possibilitem a reconstrução do conhecimento. Tal método é baseado na abordagem construtivista (GIL-SOLBES, 1993).

Embora haja essa grande necessidade de uma atualização do currículo de física, deve-se pensar também, na preparação e formação dos alunos de licenciatura, bem como, na atualização dos profissionais que já estão em exercício. A manutenção dos profissionais já atuantes na área, se dá com programas de incentivos a formação

continuada, bem como aos programas de pós-graduação em universidades públicas do país, a exemplo, o Mestrado Nacional Profissionalizante em Ensino de Física.

Embora a não referência à Física Clássica tenha tido bons resultados nos trabalhos de FISCHLER- LICHTFELDT, 1992, é difícil a implementação dos tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, pois ela é desenvolvida sob vários postulados, teorias e leis fundamentais. (TARRAZZAN, 1994)

Alguns tópicos específicos de Física Moderna e Contemporânea vêm sendo utilizados com maior frequência nas aulas no ensino médio, a saber, efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Segundo VALADARES E MOREIRA, estes tópicos estão relacionados com o dia-a-dia dos alunos, caracterizando a chamada “física do cotidiano”. (VALADARES E MOREIRA, 1998)

### **3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS**

Neste trabalho usei como referencial teórico as ideias da aprendizagem significativa e os organizadores prévios de David Ausubel (1963, 1968), pois servirão de pontes cognitivas entre o conceito objetivado e aqueles já existentes na estrutura cognitiva dos alunos.

#### **3.1. Aprendizagem Ativa no Ensino da Física**

É sabido que existem várias pesquisas que tratam das abordagens tradicionais, e as mesmas afirmam que tais abordagens são ineficazes no ensino dos conceitos de Física, embora a maioria dos estudantes ainda continua a serem ensinados apenas por aulas passivas. A Tabela 4.1, nos mostra as diferenças das características, entre as abordagens tradicionais, com aprendizagem passiva, e abordagens contemporâneas, com aprendizagem ativa. (SOKOLOFF, 2006).

Tabela 3-1. Ambiente de aprendizagem ativa versus passiva

Ambiente de Aprendizagem Passiva	Ambiente de Aprendizagem Ativa
Instrutor (e livro texto) é a autoridade – fonte de todo o conhecimento.	Os estudantes constroem seus conhecimentos de observações mão na massa. As observações reais do mundo físico são as autoridades.
As crenças dos estudantes são raramente abertamente provocadas.	Usa um ciclo de aprendizagem no qual os estudantes são provocados a comparar previsões (baseadas em suas crenças) com observações dos experimentos reais.
Os estudantes nunca podem reconhecer diferenças entre suas crenças e o que lhes é falado na sala.	As crenças dos estudantes mudam quando eles são confrontados pelas diferenças entre suas observações e suas crenças.
O papel do instrutor é de autoridade	O papel do instrutor é como um guia no processo de aprendizagem.
A colaboração com seus pares é frequentemente desencorajada.	Colaboração com os pares é encorajada.
As aulas expositivas frequentemente apresentam “fatos” de física com pouca referência ao experimento.	Os resultados dos experimentos reais são observados de modo compreensível.
Trabalho de laboratório, se algum, é usado para confirmar teorias “aprendidas” nas aulas expositivas.	Trabalho de laboratório é usado para aprender conceitos básicos.

[Sokoloff, 2006].

A aprendizagem ativa visa colocar o aluno como protagonista do processo de construção do saber. Esse processo não exonera o professor de suas responsabilidades, pelo contrário, ele deve fornecer maneiras diferentes para que os alunos possam apropriar-se do conhecimento. (GOMES, et al.,2010).

Hoje em dia, após anos de estudos, sabemos que as metodologias ativas contribuem de forma considerável na aprendizagem de conceitos. Sokoloff utiliza aulas interativas para permitir que os alunos se tornem protagonistas da construção do seu próprio conhecimento. Em seu trabalho, ele mostra as potencialidades de sua sequência didática enquanto metodologia ativa. A metodologia abordada enfatiza também, a participação do professor como guia, propondo maneiras diferentes para estimular a criatividade, cooperação, construção do conhecimento através de observações, realizadas pelos alunos. (Sokoloff, 2006)

### **3.2. Aprendizagem Significativa de David Ausubel**

Segundo Ausubel o fator mais importante para a aprendizagem é o que o aluno já sabe, e que aprender significa organizar e integrar os novos conhecimentos ao que já se tem.

*Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos, ideias ou proposições relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como “ancoradouro” para novas ideias, conceitos ou proposições. (MOREIRA, 2006).*

Para que haja aprendizagem significativa, deve haver uma interação entre os novos conceitos, ideias com os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno (chamados de subsunções). Do contrário, ou seja, caso não haja essa relação entre “o novo e o já existente conceito”, nos deparamos com uma aprendizagem mecânica, temos como exemplo, decorar formulas matemática, leis ou conceitos físicos.

*O subsunçor é um conceito, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de ancoradouro a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo. [...] Novas ideias, conceitos, proposições podem ser aprendidas significativamente (e retidas), na medida em que outras ideias, conceitos, proposições, relevantes e inclusivos, estejam adequadamente claros e disponíveis, na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem as primeiras (MOREIRA, 2006, p. 15).*

À medida que informações forem absorvidas na estrutura cognitiva dos estudantes, se tornam mais abrangentes. Isto ocorre porque os subsunções se tornam mais inclusivos e capazes de interagir com uma nova informação,

Supondo que os conceitos relevantes e inclusivos, que tantos precisamos, não existiam faz-se necessário o uso de um organizador prévio. Segundo Ausubel, os organizadores prévios servem de ancoradouro da aprendizagem, levando o desenvolvimento de novos conceitos e facilitando a aprendizagem subsequente, ou seja,

o novo conceito. Os organizadores também servem para organizar as ideias no cognitivo dos alunos.

### **3.3. Organizadores Prévios**

Os organizadores prévios são materiais introdutórios, explorados antes do conteúdo em si. Para Ausubel, os organizadores prévios são uma estratégia para preparar a estrutura cognitiva dos alunos e facilitar aprendizagem. Ainda segundo ele, os organizadores prévios serão úteis se forem utilizados como pontes, entre o que o aluno já sabe e o que ele deveria já saber afim de que o novo material pudesse ser aprendido. (MOREIRA, 2012)

Segundo Ausubel, a utilização dos organizadores prévios ajuda no desenvolvimento de ideias e preposições relevantes que facilitam a aprendizagem seguinte. Segundo ele, a utilização dos organizadores serve para manipular a estrutura cognitiva facilitando a aprendizagem. (MOREIRA, 2012)

Os organizadores devem:

1 - Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material.

2 - Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;

3 - Prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos. (MOREIRA, 2012)

Existem vários relatos da utilização de organizadores prévios, podemos citar o utilizado por Barbara, Cintia e Julia, em maionese e sua preparação.

*População alvo: alunos do curso de graduação em Farmácia, cursando disciplina de farmacotécnica; aula sobre Tecnologia de Obtenção de Emulsões.*

*Objetivo do organizador: propiciar uma interação entre conceitos novos com os já existentes na estrutura*

*cognitiva dos alunos, buscando, dessa forma, uma aprendizagem significativa. Mais especificamente, utilizar o conceito de um elemento culinário, maionese (bem como sua preparação), que sirva como “ancoradouro provisório” para a aprendizagem significativa de um novo conceito, emulsão (e sua forma de preparo)*

*Descrição do organizador prévio: “A maionese é um alimento muito conhecido e consumido, estando presente em vários pratos de culinária. Sua vasta utilização e consumo devem-se, em parte, a sua facilidade de produção e obtenção. A maionese é produzida misturando-se ovos e adicionando a estes, em velocidade de agitação e adição constantes, o óleo. Um creme se formará indicando o final do processo. Dessa forma, nota-se que o preparo é simples, rápido e eficiente e, desde que se atente para alguns detalhes, a maionese será obtida com facilidade”.*

(BARBARA, CINTIA E JULI, 2006)

Utilizamos o organizador prévio para estabelecer relações entre os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno e aquele contido no material de aprendizagem, ou seja, a aula desenvolvida para ensinar o conceito principal, o limiar de tensão. Especificamente, utilizamos a ideia de energia mínima, para que a bolinha pudesse alcançar o plano horizontal numa rampa, de um tema já conhecido por eles, para desenvolver o tema do limiar de tensão, baseada na energia mínima para que o LED comece a emitir luz.

### **3.4. O Ciclo PODS**

As investigações em aprendizagens ativas em diferentes partes do mundo mostram inumeráveis resultados em que, se tais metodologias forem aplicadas corretamente, resultam no aumento significativo da aprendizagem dos alunos. Um bom exemplo dessas metodologias, o ciclo PODS (Previsão, Observação, Demonstração e Síntese) oferece ferramentas para que o aluno possa unificar a aprendizagem teórica com a aprendizagem prática.

O método do ciclo PODS foi desenvolvido com o objetivo de melhorar o trabalho em grupos dos alunos nas aulas. Este método permite aos estudantes identificar

os problemas e traçar planos para resolvê-los, bem como modificar as rotinas das aulas passivas. (CESAR, 2008)

O ciclo PODS permite que os alunos tomem suas próprias previsões (P) acerca de uma determinada situação, depois façam observações (O) detalhadas através de demonstrações(D) prontas ou que os mesmos possam monta-las. Após as demonstrações, os alunos são reunidos em pequenos grupos para que possam discutir (S) sobre o que foi observado, comparando os resultados com as previsões iniciais, para que possam corrigir erros, reafirmar seus acertos promovendo uma aprendizagem ativa. (CESAR, 2008).

Sokoloff, utiliza o ciclo PODS para desenvolver atividades que permitam aos alunos prever, observar e discutir os resultados para que possam desenvolver um conceito físico. Ainda segundo o mesmo autor, o professor deve ser a peça mais importante do ciclo na aprendizagem, pois ele quem deve fornecer material para realização das aulas, desenvolver a criatividade dos alunos, para promover um ambiente de aprendizagem ativa. (Sokoloff, et al. 2006)

Já é sabido que o uso das novas tecnologias resulta no aumento da aprendizagem para os alunos, além de promover o desenvolvimento de competências e conhecimentos práticos. O organizador prévio utilizado neste trabalho, utiliza o ciclo PODS e não somente isso, buscamos aliar uma sequência com método ativo e a novas tecnologias com a utilização do Algodoor.

Para aplicar a metodologia em questão, o professor deve conhecer a turma, e planejar qual deve ser a melhor estratégia para desenvolver a aula. Para tanto, o professor deve proceder seguindo os seguintes passos:

1 – O professor deve partir dos interesses dos alunos, guiando-os para objetivos centrais com perguntas que os façam querer refletir sobre quais devem ser as respostas.

2 – Uma vez em que o professor tenha decidido qual fenômeno físico queira estudar, ele deve pedir aos alunos que escrevam suas previsões iniciais.

3 – Posteriormente os alunos devem se aproximar dos instrumentos para fazerem as medições. Se tiverem equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs), o professor pode utilizar os mesmos para desenvolver sua aula.

4 – Por fim, os alunos apresentam seus resultados, pontos de vista e observações obtidas durante as demonstrações. (VÁZQUEZ, 2009)

## 4. OS SEMICONDUTORES

### 4.1. Semicondutores - Teoria da Bandas

Toda matéria é constituída por átomos, e estes constituídos basicamente por três partículas, os elétrons, prótons e nêutrons. Os prótons e nêutrons constituem o núcleo onde os elétrons se distribuem ao redor ao seu redor em camadas, num total de 7. Podemos diferenciar os elementos encontrados na natureza de acordo com o número de elétrons, prótons e nêutrons, exemplo: Hidrogênio 1 elétron e um próton, hélio 2 elétrons e 2 prótons.

Ao fazer a distribuição dos elétrons em níveis de energia discretos, mesmo para mais de um átomo, é possível distinguir esses níveis de energia, pois essa distribuição obedece à noção de mínima energia e ao princípio da exclusão de Pauli. Quando o número de átomo é muito grande, os níveis de energia ficam bem próximos e se sobrepõem, formando uma faixa de energia. Essas faixas de energia são denominadas bandas de energia, Figura 4-1.

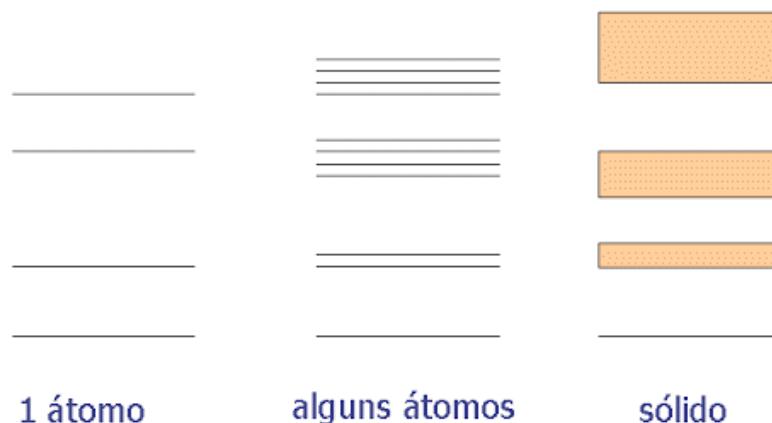


Figura 4-1. Bandas de energia com sobreposição de níveis de energia.  
Disponível em <https://sites.google.com/site/marcioperon/ufscar/pesquisa/semicondutores>  
, Acesso em 21/04/2020.

Quando se faz a distribuição dos elétrons, os que ficam no último nível são chamados de elétrons de valência, estes por sua vez são responsáveis pelas características químicas dos materiais. A banda de condução poderá apresentar-se totalmente cheia ou vazia, sendo a banda de maior energia. Entre essas bandas existe uma outra chamada de banda proibida (ou GAP), ou simplesmente faixa proibida de energia representada por  $\Delta E_g$ , que representa a diferença entre as energias da banda de condução e a banda de valência.

Levando em consideração a extensão das bandas e o gap de energia, ou seja, da banda proibida, e como elas são preenchidas que podemos classificar os materiais em isolantes, semicondutor ou condutor. Nos isolantes a banda proibida, ou gap de energia, é muito grande e sua banda de valência está totalmente preenchida. Já nos condutores, a banda de valência não está totalmente cheia, assim os elétrons podem ocupar níveis mais energéticos por estarem desocupados. Esta característica ajuda na movimentação livre dos elétrons através do material. Os semicondutores são um caso especiais de isolantes, sendo diferenciados pelo pequeno gap. Neste caso, por possuir um gap bem pequeno, ao receberem pequenas quantidades de energia, os elétrons conseguem saltar para a banda de condução passando a conduzir corrente elétrica.

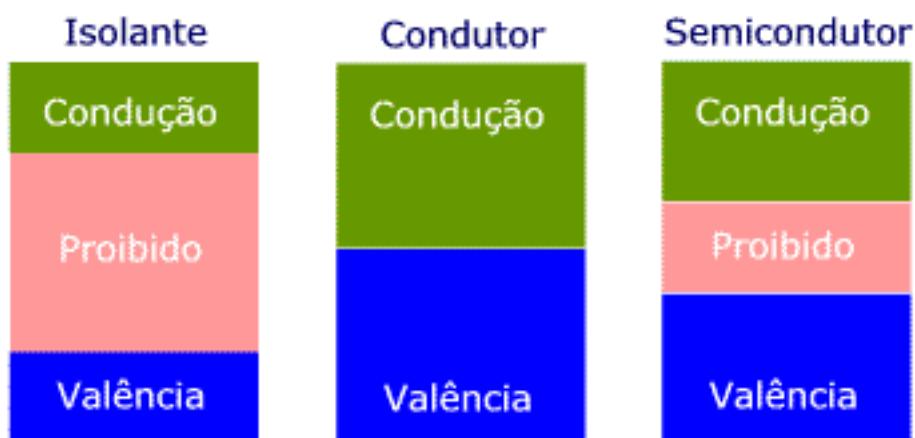


Figura 4-2. Bandas de energia com sobreposição de níveis de energia. Disponível [http://doeplayer.com.br/30656212-Aula-5\\_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html](http://doeplayer.com.br/30656212-Aula-5_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html), Acesso em 28/04/2020.

EISBERG e RESNICK, definem que a zero grau Kelvin em que todos os estados de energia de um semicondutor estão ocupados, a energia do último nível ocupado como energia de Fermi. Acima de zero graus Kelvin, todos os níveis estarão livres. Para os condutores e semicondutores, para temperaturas maiores os elétrons mais externos ocupam níveis acima da energia de Fermi, deixando lacunas, transformando-as em bandas permitidas.

## 4.2. Aplicação do Semicondutores

Os semicondutores são importantes pois possuem propriedades intermediárias entre os condutores e os isolantes. Antes do fechamento da teoria quântica, o modelo de Drude apenas explicava o comportamento dos elétrons em condutores, porém falhava em explicar os semicondutores. O entendimento dos semicondutores veio com alguns conhecimentos básicos da Mecânica Quântica, como estrutura eletrônica dos átomos em um sólido por meio do conceito de bandas de energia, ou faixas de energias formadas pela sobreposição de vários níveis de energias.

### 4.2.1. Junção PN

Os materiais semicondutores ao serem submetidos a uma diferença de potencial, podem conduzir corrente elétrica. Porém, usualmente essa condutividade elétrica é muito baixa. Para aumentar a condutividade elétrica do material semicondutor podemos fazer dopagens nestes materiais. Os semicondutores intrínsecos, ou seja, os semicondutores cuja a densidade de portadores de carga positiva e negativas são iguais, podem ser transformados em semicondutores extrínsecos do tipo p, Figura 4-3, quando dopados com elementos químicos como químicos como: boro, gálio, ou semicondutores extrínsecos do tipo n quando dopados por elementos como fosforo e Figura 4-3.

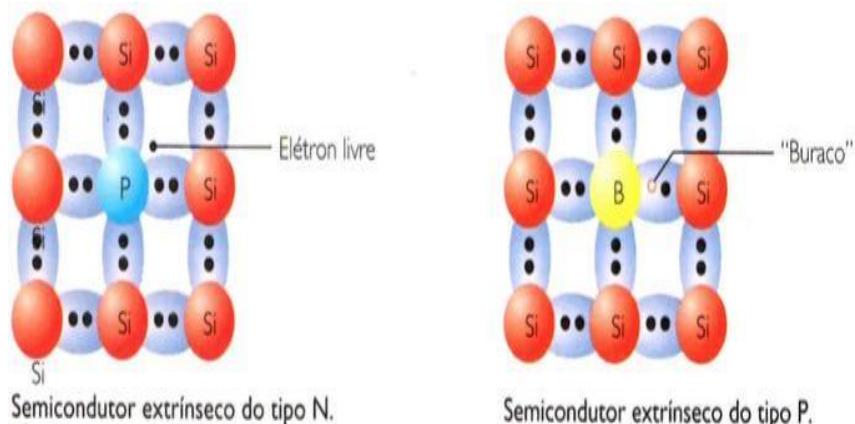


Figura 4-3. Semicondutores do tipo N e tipo P. Disponível em <https://www.coladaweb.com/fisica/electricidade/semitocondutores>, Acesso em 20/11/2019.

Na formação do semicondutor tipo n, os elementos fosforo e arsênicos são adicionados ao silício pois possuem cinco elétrons em sua camada de valência. Este fato favorece as ligações covalentes entre quatro dos cinco elétrons, deixando um livre, para transportar corrente elétrica.

Quando o boro ou o gálio são adicionados ao silício, por exemplo, podemos formar semicondutores do tipo p, pois estes elementos possuem três elétrons na camada de valência. Este fato favorece a criação de “lacunas”, ou falta de elétrons no material, que podem conduzir corrente elétrica.

Semicondutores tipo n, que possuem impurezas doadoras tem energia de Fermi próximo a banda de condução, pois há mais elétrons na banda de condução do que buracos na banda de valência. Nesta situação, a energia de Fermi estará acima da metade da banda proibida. No caso dos semicondutores do tipo p, que possuem impurezas aceitadoras, tem energia de Fermi abaixo do meio da banda proibida, isso significa que estes semicondutores tem menos elétrons na banda de condução do que buracos na camada de valência.

Quando juntamos dois materiais semicondutores, tipo p e n, formamos um diodo semicondutor de junção, Figura 4-4, onde há uma reorganização dos elétrons dentro da junção, formando uma zona de depleção ou barreira de potencial. Essa barreira cria um campo elétrico interno que impede que os elétrons livres do lado n passem para o lado p para promover a recombinação dos elétrons. Para que haja a passagem de corrente elétrica pela junção, devemos fornecer uma tensão mínima ou campo elétrico mínimo necessário para superar o campo elétrico interno criado na junção pn. A magnitude do campo elétrico interno depende das propriedades dos materiais que compõe a junção. Esta tensão necessária para fazer com que a junção pn conduza corrente elétrica está associada a energia da banda proibida também conhecida como energia de bandgap. Para fornecer essa tensão, devemos polarizar a junção de forma “direta”, **Apêndice E**. Quando polarizada diretamente, os elétrons passam de um lado a outro da junção, permitindo a passagem de corrente elétrica e emitindo luz, processo conhecido como eletroluminescência.

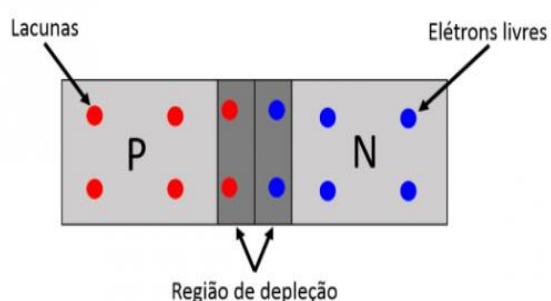


Figura 4-4. Junção PN. Disponível em  
<https://www.ufrgs.br/enfitecjunior/2018/04/19/diodo-emissor-de-luz-led/>. Acesso 20/11/2019.

O semicondutor foi descoberto por Braun em 1874, entre os anos de 1878 e 1879 os estudos acerca deste efeito foram iniciados por David E. Hughes.

O desenvolvimento da mecânica quântica permitiu o avanço no entendimento dos semicondutores. Começando por Maximillian Strutt, resolvendo a equação de Schrödinger para um potencial periódico em 1928, chegando em 1931 com Wilson, publicando seus trabalhos sobre a teoria dos sólidos baseados em bandas cheias e vazias, sendo assim, considerado o pai da teoria das bandas.

Tudo, em termos de tecnologia, que temos hoje é baseada no desenvolvimento dos semicondutores. Para se ter noção do quanto o estudo dos semicondutores foi importe, uma das maiores criações do século XX é o transistor, desenvolvido através de semicondutores. Apesar de ter sido criado em 1947, apenas se popularizou a partir da década de 50, sendo o principal responsável pela revolução eletrônica da década de 60.

#### 4.2.1.1. Diodo e o Diodo Emissor de Luz (LED)

Hoje em dia temos várias aplicações dos semicondutores presentes no nosso dia-a-dia, os mais utilizados são os diodos e os transistores.

Os diodos são dispositivos utilizados como retificadores de corrente elétrica, pois permitem a passagem de corrente elétrica apenas em uma única direção, formados por um cristal semicondutor que pode ou não ser dopados durante seu processo de formação. Os diodos, Figura 4-6, são utilizados em carregadores de telefones, onde converte corrente elétrica alternada (CA) em corrente elétrica continua (CC), rádios, telefones sem fio e etc.

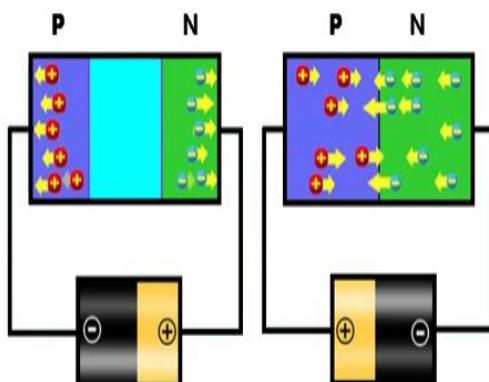


Figura 4-5. Representação da ligação de um diodo. Disponível em [http://www.mecaweb.com.br/elettronica/content/e\\_diodo](http://www.mecaweb.com.br/elettronica/content/e_diodo). Acesso 15/12/2019.

Para fazer com que os elétrons fluam dentro da junção, deve-se polarizar o diodo de forma direta, como mostra a figura acima, lado direito. Nesta situação, os elétrons se recombina com as lacunas e são atraídos pelo polo positivo da bateria, gerando corrente elétrica. Caso o diodo não seja polarizado corretamente, ele funciona como chave fechada, lado esquerdo da figura acima, característica muito importante na utilização nos circuitos eletrônicos. O diodo geralmente é representado por um triângulo e em um dos lados um traço para representar o cátodo (lado negativo), Figura 4-6.



Figura 4-6. Representações de um diodo. Disponível em <http://www.vandertronic.com/index.php/diodos/>. Acesso 15/12/2019.

Um dos diodos mais utilizados atualmente, e mais conhecido, é o Diodo Emissor de Luz (LED). Formado por dois materiais semicondutores em sua junção PN, emite luz quando submetido a uma determinada tensão. Mas como isso ocorre? Ao submeter a junção PN a uma tensão, fornecemos energia suficiente aos elétrons do lado N, Figura 4-5, para que possam vencer a barreira de potencial, se aproximando da fronteira da junção. No momento em se aproximam da fronteira ocorre a recombinação dos elétrons com as “lacunas” do lado P, e há a emissão de radiação de energia que é igual ao **GAP** de energia, ou a largura da banda proibida. Em outras palavras, elétrons da banda de condução se recombina com as lacunas da banda de valência, emitindo energia que pode ser determinada, também, pela diferença dessas duas bandas ( $\Delta Eg$ ). (CAVALCANTE, TAVOLARO, HAAG, 2005)

A emissão de energia em forma de radiação, apenas, é característica de uma junção de arseniato e gálio. No caso do silício e germânio a emissão é percebida em forma de vibração do reticuló cristalino. Na emissão de fótons, podemos determinar o comprimento dos mesmos através da Equação (4.1).

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = E_{GAP} + \Delta F_F \quad \text{Equação (4.1)}$$

Só dopar o material não é necessário para que possamos ter um grande número de recombinações, é necessário que o LED seja conectado diretamente, **Apêndice E**, para que isso possibilite o estreitamento da barreira de potencial, facilitando a movimentação dos elétrons. Para que os elétrons comecem a se reorganizar, precisamos fornecer uma energia mínima ou tensão mínima. Essa energia é proporcional à largura da banda proibida, e pode ser determinada da seguinte maneira. (HALLIDAY e RESNICK, 2009)

$$eV = E_{GAP} + \Delta F_F \quad \text{Equação (4.2)}$$

Para uma intensidade máxima de frequência emitida, podemos ter uma relação entre a tensão mínima e a energia de um fóton emitido. (HALLIDAY e RESNICK, 2009)

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = eV_o \quad \text{Equação (4.3)}$$

Geralmente encapsulado com material fosco, mas sua forma mais eficiente é com material transparente, Figura 4-7. O LED é uma das formas mais eficientes de produzir luz, pois não produz muito calor e seu tempo de vida é bastante elevado. Os LEDs funcionam com baixas tensões, dependendo do material semicondutor utilizado na construção da junção PN, que variam entre 1,7 V a 4,5 V, dependendo do material de fabricação, Tabela 4-1.

Para determinar qual dos terminais é o cátodo no LED, basta identificar a “perninha” mais longa, Figura 4-7, e no caso de não haver está “perninha” considerar a aba cortada ou a parte seccionada do encapsulamento.



Figura 4-7. Tipos de LED's encapsulados e de alto brilho. Disponível em <https://troniquices.wordpress.com/2007/10/24/como-acender-um-led/>. Acesso 15/12/2019.

A cor do LED é determinada pelo material semicondutor, e não pelo tipo de encapsulamento, bem como por seu dopante. A tabela a seguir, Tabela 4-1, mostra as cores em função do material utilizado em sua fabricação.

Tabela 4-1. Cor emitida da junção PN em função do material utilizado em sua formação. Disponível em: <https://www.electronica-pt.com/led>. Acesso em 09/02/2020.

Comp. Onda (nm)	Cor	Tensão	LED Material
940	Infr avermelho	1.5	GaAI As/GaAs
880	Infr avermelho	1.7	GaAI As/GaAs
850	Infr avermelho	1.7	GaAI As/GaAs
660	Ultr a Red	1.8	GaAI As/GaAs
635	Hig h Efficiency Red	2.0	GaAs P/GaP
633	Sup er Red	2.2	InGa AlP

Comp. Onda (nm)	Cor	Tensão	LED Material
620	Super Orange	2.2	InGa AIP
612	Super Orange	2.2	InGa AIP
605	Orange	2.1	GaAs P/GaP
595	Super Yellow	2.2	InGa AIP
592	Super Pure Yellow	2.1	InGa AIP
585	Yellow	2.1	GaAs P/GaP
450 0K	"Incandescent" White	3.6	SiC/GaN
650 0K	Pale White	3.6	SiC/GaN
800 0K	Cool White	3.6	SiC/GaN
574	Super Lime Yellow	2.4	InGa AIP
570	Super Lime Green	2.0	InGa AIP
565	High Efficiency Green	2.1	GaP/GaP
560	Super Pure Green	2.1	InGa AIP
555	Pure Green	2.1	GaP/GaP
525	Aqua Green	3.5	SiC/GaN

Comp. Onda (nm)	Cor	Tensão	LED Material
505	Blu e Green	3.5	SiC/GaN
470	Super Blue	3.6	SiC/GaN
430	Ultra Blue	3.8	SiC/GaN

A aplicação mais simples dos diodos emissores de luz é em aparelhos eletrônicos para verificação de estado ON/OFF. Em aplicações mais avançadas, temos TVs, que utilizam LEDs RGB, semáforos, painéis de publicidade, etc.

## 5. Metodologia

O trabalho aqui apresentado tem como base teórica a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e os organizadores prévios, bem como as metodologias da aprendizagem ativa, e que possam proporcionar uma vivência. Propomos aqui duas aulas, a primeira se trata de um organizador prévio, com o auxílio do Algadoo, utilizado para desenvolver ou criar os subsunções necessários para ancoragem do conceito objetivado. Na segunda, utilizamos uma aula com demonstração, com auxílio do Arduino.

Na primeira aula, utilizando o ciclo PODS, sugerimos começar com uma breve introdução, comentar os passos do ciclo, e o que vai acontecer durante os encontros. Sabemos que os organizadores prévios devem ser desenvolvidos de forma rápida, porém isto deve ser de acordo com a realidade de cada sala. Após a introdução, é solicitado que os alunos respondam um questionário, com previsões acerca do que acontecerá no desenvolvimento da demonstração. Após recolher as previsões, seguir com as demonstrações, aplicando o material do **Apêndice B**. A proposta da demonstração é proporcionar ao aluno um entendimento sobre a energia mínima. Na síntese, o professor discute os resultados com os alunos. Os resultados podem ser discutidos respondendo ou não, as questões do questionário prévio.

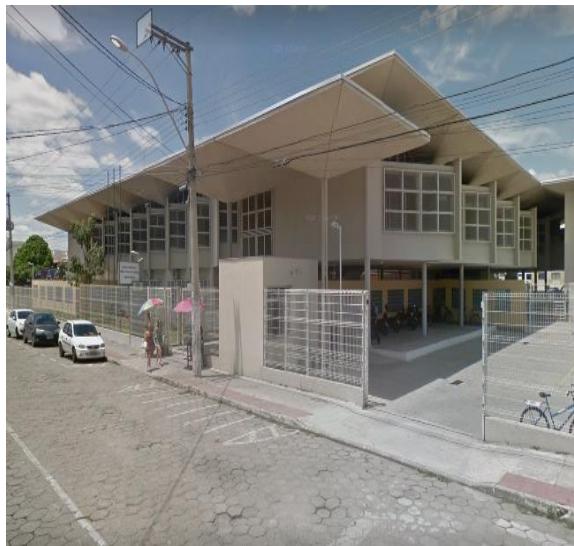
Na segunda aula, é utilizada uma demonstração baseada em um circuito montado no Arduino. O professor deve fazer uma introdução sobre a demonstração, e como acontecerá a aula. Um questionário prévio deve ser aplicado, segue em anexo, para que possamos identificar os conhecimentos antes da demonstração. Após a introdução e aplicação do questionário prévio, o professor deve seguir para a demonstração. Aqui sugerimos que durante a demonstração, o professor comente pontos relevantes dos temas abordados, a exemplo, formação de uma junção PN, semicondutores, processo de emissão de luz no LED. No momento da demonstração, cabe ao professor fazer o elo entre o organizador prévio e a aula com demonstração, para tanto, observe os comentários no capítulo do relato de aplicação. Para concluir, sugerimos que o professor aplique novamente o mesmo questionário e o recolha. Após recolher os questionários, o professor deve fazer uma síntese, ou seja, um comentário geral, tirando dúvidas, dando exemplos sobre a questão da tensão de corte.

**Observações:** Sugerimos que as aulas sejam aplicadas em sequência. Para os comentários durante a demonstração, o professor pode usar os textos utilizados aqui

como apoio. As demonstrações podem ser feitas pelos alunos, caso haja disponibilidade de material e local.

## 5.1. Relato da aplicação

### 5.1.1. Públco Alvo



A sequência foi aplicada na Escola Estadual de Ensino Médio Emir de Macedo Gomes, Linhares - ES, para alunos da 3º Série do ensino médio, turma 3º V05. A turma foi cedida por um colega de trabalho, pois não estou trabalhando com as terceiras séries. No total, 32 alunos participaram das atividades.

Figura 5-1. Escola Emir de Macedo Gomes. Fonte: Google Mapas.

Acesso em 01/12/2019

### 5.1.2. Ambientes Utilizados



Figura 5-2. Laboratório de Informática LIED.



Figura 5-3. Sala de aula.

### 5.1.3. Relato

A proposta da metodologia utilizada aqui é proporcionar uma aprendizagem ativa aos alunos, considerando o que eles já sabem. Inicialmente foi desenvolvida uma aula com um organizador prévio, com o objetivo de organizar as ideias acerca da energia mínima para fazer com que a bolinha subisse o desnível da rampa. Em seguida foi utilizada uma sequência de uma aula demonstrativa para desenvolver o conceito de tensão de corte.

A sequência foi aplicada em quatro aulas (encontros), sendo duas para o organizador prévio e duas para a aula demonstrativa, dispostas de acordo com a Tabela 5-1. O tempo utilizado decorre de alguns fatores como, tempo de aula reduzido, e abordagem não “correta” do organizador prévio.

Tabela 5-1. Resumo dos encontros.

Encontros	Assunto	Resumo	Quantidade de Aulas	Local
01	Organizador prévio: Apresentação da proposta; Previsão; Observação.	Apresentação da metodologia; responder questionário prévio, e observação/contato com o programa Algodoo.	1	Laboratório de informática.
02	Organizador prévio: Demonstração e Síntese.	Execução da sequência (vinde anexos do produto), discussão sobre os resultados.	1	Laboratório de informática.
03	Aula Demonstrativa: Apresentação da proposta; Introdução, Previsão, Discussão.	Introduzir a sequência, recolher as previsões e alunos discutem.	1	Sala de aula
04	Aula Demonstrativa: Demonstração, previsões finais e Síntese.	Demonstração com Arduino, previsões finais, considerações finais do professor.	1	Sala de aula

A tabela a seguir mostra a divisão de cada aula, e os tempos de cada encontro.

Tabela 5-2. Tempo gasto em cada etapa das sequências. O tempo posto aqui é baseado nas aulas de 55 minutos da escola, já descontando os 15 minutos de atraso do intervalo.

Encontros	Objetivos	Conceitos envolvidos	Duração
1 - Organizador prévio.	Construir um modelo mecânico no Algodoo, que servirá para determinar a energia mínima para se alcançar o	Energia gravitacional, potencial Energia Elástica, Velocidade.	1 – Previsão 15 min 2- Observação - 30

	plano horizontal em uma rampa.		3 - Demonstração 30 min. 4 – Síntese 15 min.
2 - Aula demonstrativa com Arduino.	Comparar de forma qualitativa:  Energia Potencial gravitacional/Tensão de corte. Energia cinética /corrente elétrica (quantidade de elétrons). Determinar a tensão de corte para um determinado LED.	Potencial de corte (tensão de corte), Energia de GAP, Junção PN, Semicondutores, LED, Elétrons, Tensão, Resistência.	1 – Apresentação 25 min. 2 – Previsões 20 min.  3 - Demonstração 25 min. 4 – Síntese 20 min.

### 5.1.3.1. Utilização dos métodos ativos

Uso de aplicativos e tecnologias que estão próximos do dia-a-dia dos alunos, é uma maneira extremamente eficaz de transformar um ambiente de aula passiva, em um ambiente de aula com alunos participativos e ativos. No organizador prévio, poderíamos ter usado um análogo físico, ou seja, algo que pudesse ser montado ali na hora, porém, além de pensar em otimizar o tempo, queríamos uma interação maior com as tecnologias atuais, então surgiu a ideia do Algodo, ambiente de simulação computacional simples, de fácil aprendizagem e com certeza é bem atrativo.

Na aula com demonstração utilizamos o Arduino como método de obtenção de dados, é bem atrativo quando se faz uma comparação com um método analógico. Nesta parte, principalmente, os alunos seriam mais atraídos se todos participassem da demonstração, o que não ocorreu por falta de material.

Sabemos que o uso de métodos ativos funciona muito bem quando aliado a utilização de tecnologias. Por tal premissa, decidimos utilizar duas sequencias, uma que

é uma adaptação do ciclo PODS, com aplicação no Algadoo, e a outra uma aula com uma simples demonstração, seguindo uns passos, baseados também no ciclo PODS.

#### **5.1.4. Primeiro Encontro: Apresentação da proposta, Previsão e Observação.**

Na primeira aula, foi feita uma apresentação sobre o que é um organizador prévio e como aconteceria a aplicação da sequência. Após uma breve introdução, foi solicitado aos alunos que respondessem o questionário prévio, deixando claro que não havia resposta correta e nem acarretaria em nota alguma. A ideia foi de instigar os alunos a tentarem entender o que aconteceria ali. Ainda na primeira aula, foi introduzida a plataforma de aprendizagem virtual, o Algadoo. Nela, os alunos aprenderam comandos básicos, como inserir, apagar, criar simulações, exportar, etc. Nesta aula, eles foram apresentados à simulação, **Apêndice B**, que utilizamos na aplicação da sequência.

#### **5.1.5. Segundo Encontro: Execução da sequência (Apêndice B do produto), discussão sobre os resultados.**

Ao mostrar a simulação novamente perguntei aos alunos se haveria uma energia mínima para que a bolinha chegassem ao plano horizontal? Para responder a esta pergunta, os alunos seguiram a sequência para o organizador prévio, disponível no **Apêndice B**. Nesta sequência, os alunos comprimiram a mola algumas vezes, e puderam verificar que havia uma energia mínima para que a bolinha pudesse alcançar o plano horizontal, não somente isso, eles verificaram que havia uma dependência da energia potencial elástica com a velocidade da bolinha no plano horizontal, objetivo principal do professor. Após responderem as perguntas da sequência, discutimos sobre as repostas e fixamos nosso Norte apenas na energia mínima e na dependência da velocidade das bolinhas com essa energia.

#### **5.1.6. Terceiro Encontro: Introduzir a aula demonstrativa, recolher as previsões.**

Com a aplicação do organizador prévio foi possível à criação de conceitos relevantes para a aprendizagem objetivada. Mas precisávamos ancorar esses conceitos no que é almejado, para tanto, a metodologia utilizada, foi à aplicação de uma aula demonstrativa. Nesta aula, os alunos receberam uma introdução sobre o que aconteceria

durante os próximos encontros, bem como na demonstração. Primeiro passo da sequência foi a aplicação do questionário de previsões, eles responderam questões acerca do que aconteceria na demonstração. Além do questionário, foi apresentada a placa Arduino, o IDE e o programa (**Apêndice C**), utilizado no desenvolvimento da aula.

### **5.1.7. Quarto Encontro: Demonstração com Arduino, previsões finais, considerações finais do professor.**

A demonstração é basicamente girar um potenciômetro, diminuindo sua resistência e permitindo que a corrente flua pelo LED. Durante a demonstração, Foi comentado sobre os materiais semicondutores, sobre as junções PN, bem como a formação da zona de depleção. Mostrei o Monitor de Visualizações no Arduino, o mesmo apresentava os valores de corrente e tensão no LED. Pedi que os alunos observassem no Monitor e o LED, além de se atentarem ao momento em que o LED começasse a emitir luz. Repeti esse processo duas vezes, após a última, fiz a seguinte pergunta, podemos fazer um comparativo do processo de subida da bolinha no análogo, com o que acontece aqui na emissão de luz pelo LED? Quase todos os alunos responderam que não sabiam, apenas um respondeu que sim, porém mostrando muita incerteza. Neste momento comecei a fazer analogias com o organizador prévio. O processo de emissão de luz no LED, ocorre mediante a passagem de elétron de um lado da junção a outro. Este processo pode ser comparado ao que fizemos lá com a mola, onde variamos sua deformação, e, por conseguinte sua energia potencial elástica para obter uma energia mínima onde foi possível elevar a bolinha até o plano horizontal da rampa. Comentei com eles que nesta demonstração, variamos a resistência no potenciômetro, mostrei no monitor, aumentamos a tensão no LED até certo valor, em que o mesmo começou a emitir luz. Ou seja, os elétrons de um dos semicondutores da junção vão recebendo energia, até o momento em que a energia é suficiente para que ele possa passar para o outro lado da junção, aqui mencionei que esta energia é a energia de GAP, energia necessária para vencer a zona de depleção.

Um aluno em particular perguntou o que aconteceria se aumentássemos a altura da rampa. Aproveitei este questionamento para fazer uma relação entre a altura da rampa com a largura da barreira de potencial, formada no momento da junção PN. Na rampa, quanto maior sua altura, maior deveria ser a energia potencial elástica para que a bolinha conseguisse vencê-la. Na junção PN não é diferente, dependendo do material,

podemos ter uma “depleção” ou barreira de potencial maior ou menor. Isto nos indica que, quanto maior esta barreira, maior será a tensão que deverá ser fornecida, para que os elétrons passem de um lado a outro. Utilizei o Apêndice H para mostrar o processo de formação de uma junção PN. Assim, chegamos a seguinte relação:

$$\begin{aligned} \text{Energia potencial elástica} &\rightarrow \text{Tensão.} \\ \text{Rampa} &\rightarrow \text{Barreira de potencial.} \\ \text{Energia mínima} &\rightarrow \text{Potencial de corte (Tensão de Corte).} \end{aligned}$$

Após a demonstração, dei uma folha de “previsões finais” para que respondessem o questionário prévio novamente. Antes que pudessem devolver o questionário, pedi que formassem grupos de no máximo 4 pessoas, para que pudessem discutir suas respostas. Recolhi as previsões finais, e finalmente fiz um apanhado sobre tudo que havíamos visto nas duas aulas da aula demonstrativa, dando exemplos.

### **5.1.8. Resultados e análises**

Aplicamos um questionário final com o objetivo de verificar a influência da proposta didática no aprendizado dos estudantes. As questões foram analisadas utilizando uma comparação entre as respostas do questionário inicial (previsões) e final, levando em consideração o andamento da metodologia utilizada.

Sobre as atividades e avaliações. Sobre os questionários, indico usar uma metodologia que seja possível avaliar o grau de maturidade das respostas subjetivas, ou seja, seria muito mais interessante colocar questões de múltiplas escolhas que aferissem isso. Infelizmente as respostas não mostram que os alunos conseguiram aprender o conteúdo, talvez usar a taxonomia SOLO poderia propiciar uma melhor quantificação do aprendizado.

#### **5.1.8.1. Conceitos abordados durante a demonstração**

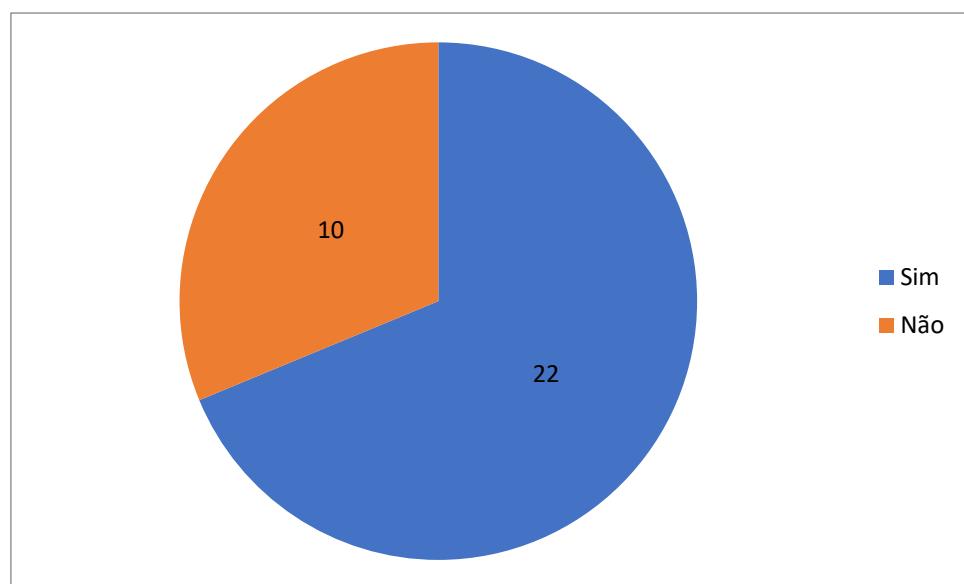
Inicialmente verifiquei se o professor já havia explorado conceitos sobre semicondutores, fótons, junção PN. Isto se faz necessário porque caso o mesmo ainda não tenha feito tal explanação em suas aulas, será necessário desenvolver a demonstração mediante comentário acerca de tais conceitos, como foi nosso caso. Tais

comentários podem ser baseados no texto sobre os temas no referencial teórico. No caso da aplicação deste produto, o professor ainda não havia comentado sobre os conceitos.

#### **5.1.8.2. Pergunta 1: Sabe o que são semicondutores? Se sim, justifique sua resposta.**

O objetivo dessa pergunta era saber se os estudantes conheciam os materiais semicondutores. O gráfico abaixo mostra os resultados do questionário inicial.

Gráfico 5-1. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 1 das previsões iniciais.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário.

O gráfico acima mostra que mais da metade dos alunos já tinham ouvido falar sobre os semicondutores, contudo, apesar do resultado expressivo, analisando as justificativas foi possível observar que os alunos não sabiam defini-los, embora seja um conceito complexo. Abaixo segue algumas repostas.

“Os elementos que conseguem conduzir energia, porém! Em menor escala...”  
(Aluno A).

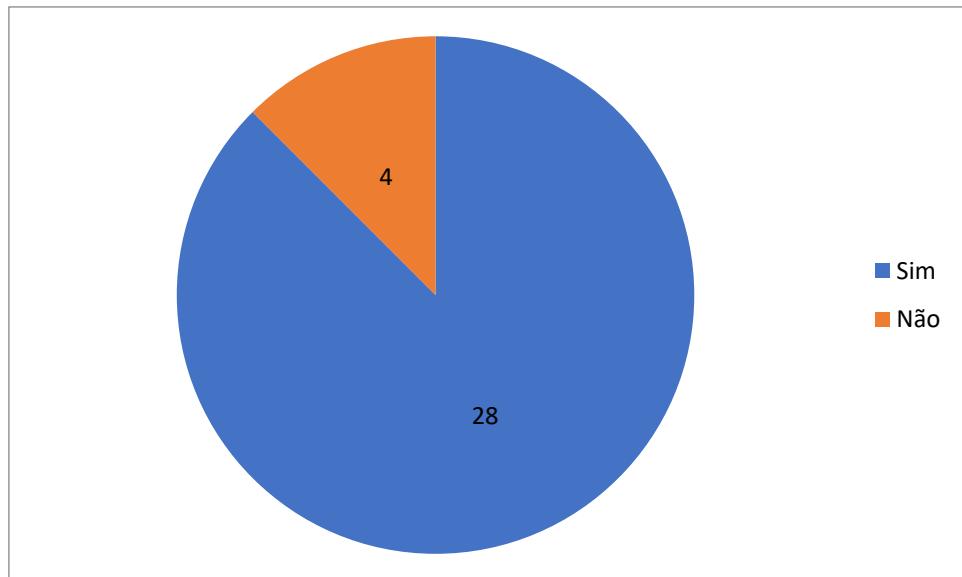
“São aparelhos que conduzem parcialmente a energia...” (Aluno B).

“Pequenos condutores de energia.” (Aluno C).

“Aparelhos de condutividade elétrica...” (Aluno D).

O gráfico abaixo mostra a mesma pergunta sendo feita após a aplicação da demonstração na aula demonstrativa

Gráfico 5-2. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 1 das previsões finais.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário.

Analizando as respostas para a mesma pergunta após aplicação da aula demonstrativa, é possível notar que seis alunos conseguiram evoluir em relação ao questionário inicial. Apenas quatro alunos continuaram a responder “não”, o que pode ser considerado uma estagnação ou apenas reflexo da indisposição deles em participar das aulas.

Sobre as respostas dos alunos comentados na primeira aplicação, tivemos as seguintes respostas.

“Materiais que dependendo das condições são isolantes ou condutores...” (Aluno B).

“Eles funcionam como condutores ou isolantes, no caso da demonstração, se aumentar a tensão os elétrons começam a “pular” e vão ganhando energia para o outro lado, então liberando luz...” (Aluno D).

“São condutores que podem tanto bloquear e liberar passagem de energia” (Aluno H).

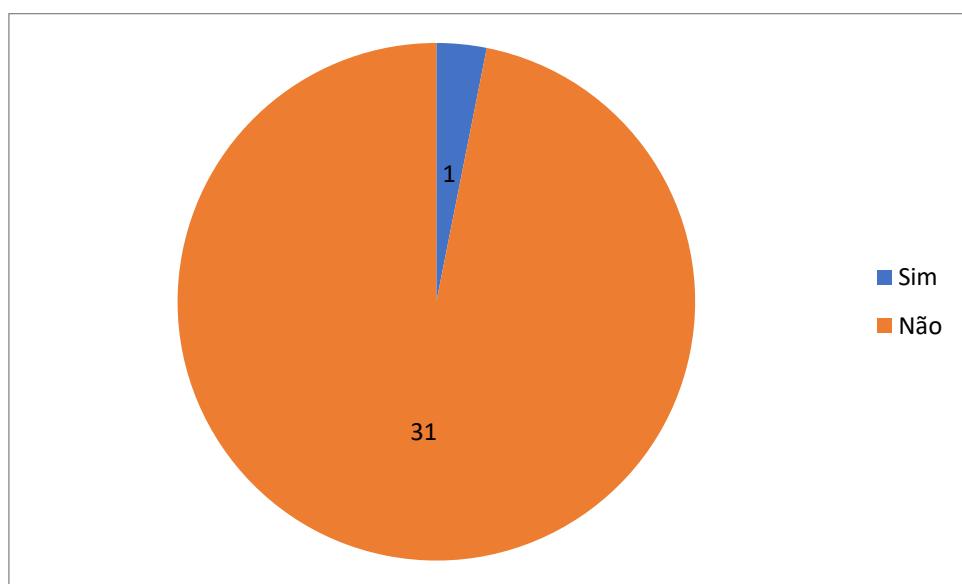
“São condutores bem como isolantes...” (Aluno M)

Aqui podemos observar que, a superficialidade das respostas denota uma necessidade maior de tempo para trabalhar esses conteúdos.

#### **5.1.8.3. Pergunta 2: Sabe o que é uma junção PN? Se sim, justifique.**

O Objetivo dessa pergunta era saber se os alunos sabiam o que era uma junção PN, bem como eram desenvolvidas. O gráfico abaixo mostra os resultados do questionário inicial.

Gráfico 5-3. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 2 das previsões iniciais.

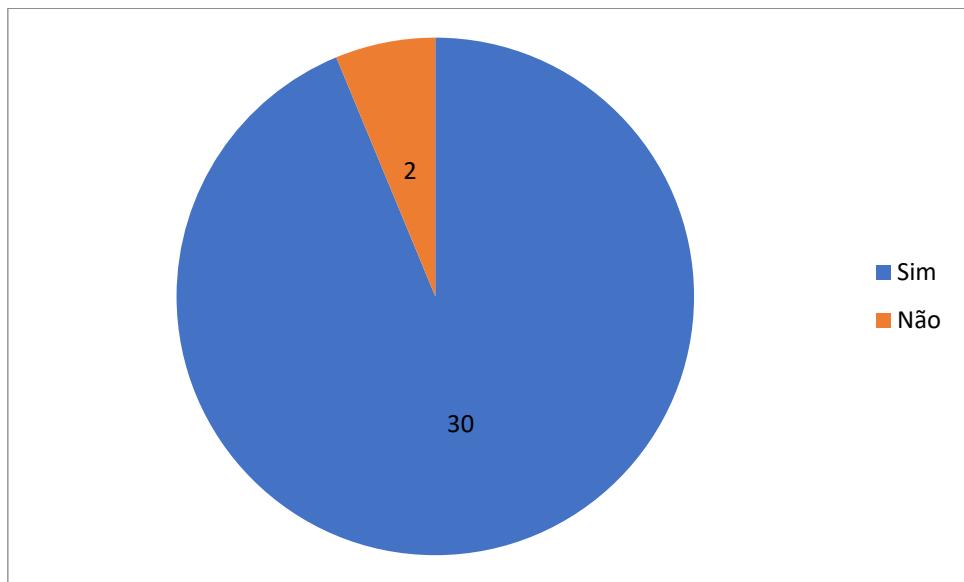


Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário inicial.

O resultado acima representado, de certa forma já era esperado, pois logo após a aplicação do questionário os alunos comentaram que nunca tinham ouvido falar em junção PN dentro do conteúdo de semicondutores. O único aluno que respondeu sim justificou que já tinha ouvido falar, mas não lembrava em que lugar nem quando.

O gráfico abaixo mostra a mesma pergunta sendo feita após a aplicação da demonstração na aula demonstrativa.

Gráfico 5-4. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 2 das previsões finais.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário final.

Dentre os que marcaram sim, podemos destacar as seguintes respostas.

*“São dois materiais semicondutores usados no LED.”* (Aluno A).

*“São dois materiais semicondutores, que são dopados para que um fique com falta de elétrons e outro com excesso de elétrons.”* (Aluno F).

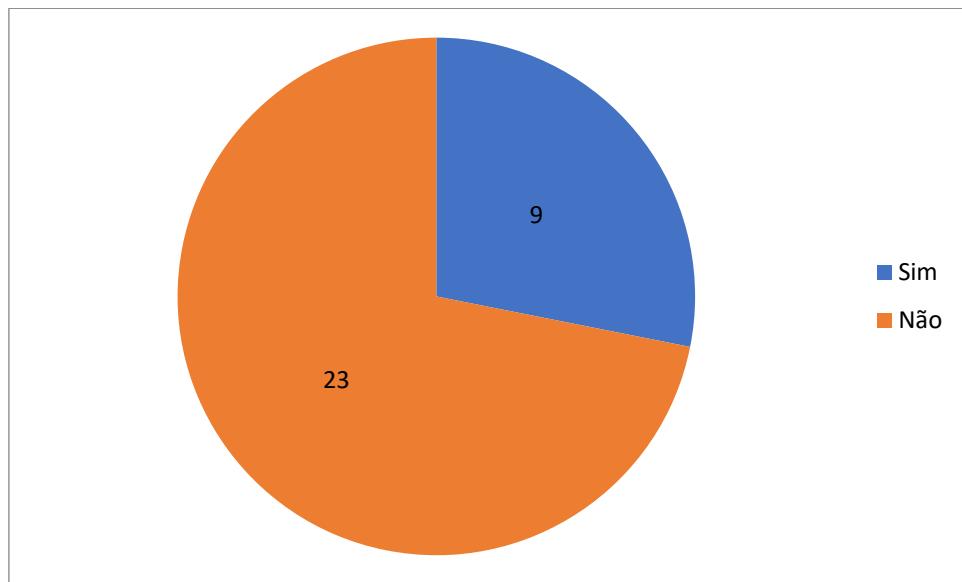
*“Junção de dois semicondutores, um eletrizado e outro não.”* (Aluno M).

*“Junção produzida quando dois semicondutores P e N são ligados.”* (Aluno N)

#### **5.1.8.4. Pergunta 3: Sabe o que são os fótons?**

O objetivo desta pergunta foi o de verificar seus conhecimentos acerca da luz visível, especificamente a luz emitida pelo LED. A ideia era que eles já de início remetessem a pergunta à emissão de luz por uma lâmpada ou pelo LED. O gráfico abaixo mostra os resultados do questionário inicial.

Gráfico 5-5. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 3 das previsões iniciais.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário inicial.

Pela sequência, aqui também já era de se esperar o resultado do questionário prévio. Dentre os que responderam sim, temos as seguintes respostas.

“A carga de energia consumida/liberada pelo LED.” (Aluno A).

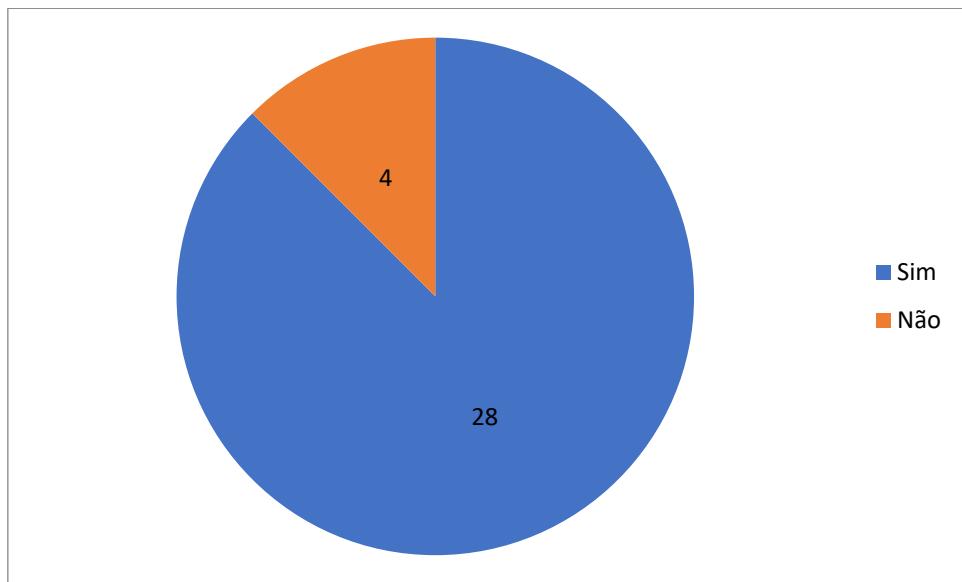
“Ondas eletromagnéticas.” (Aluno D).

“Ondas eletromagnéticas visíveis.” (Aluno M).

“Porém não lembro algo sobre para justificar.” (Aluno N).

O gráfico abaixo mostra a mesma pergunta sendo feita após a aplicação da demonstração na aula demonstrativa.

Gráfico 5-6. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 3 das previsões finais.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário final.

Aqui podemos notar uma grande mudança nos resultados. Tais mudanças se devem aos comentários durante a demonstração, bem como ao processo de observação do ponto em que o LED começava a emitir luz. Abaixo segue algumas respostas dos alunos que responderam sim.

*“É a emissão de luz, mediante a liberação dos elétrons.”* (Aluno A)

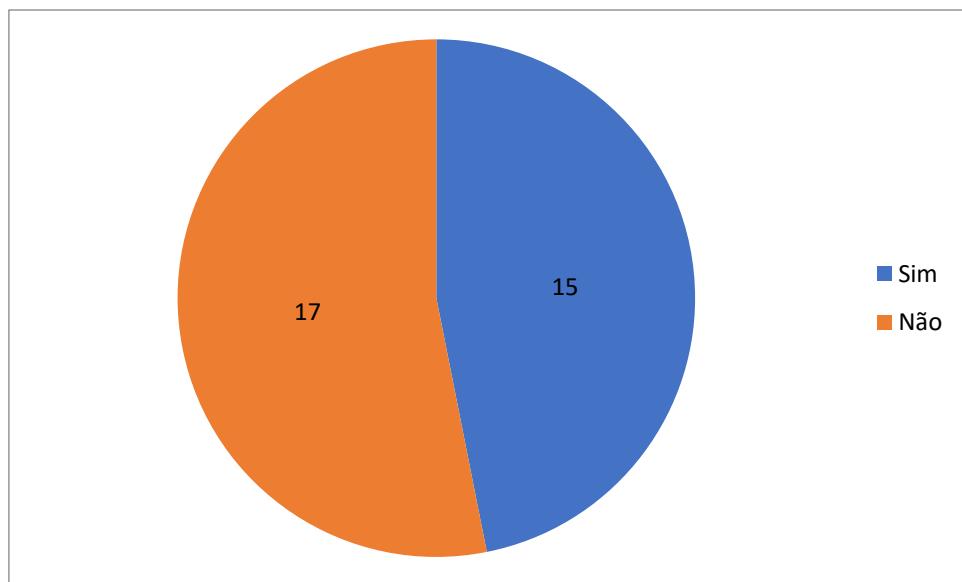
*“São ondas eletromagnéticas visíveis.”* (Aluno D).

*“Os elétrons liberam energia que se transforma em luz.”* (Aluno H).

#### 5.1.8.5. Pergunta 4: Ao variarmos a resistência no potenciômetro o brilho no LED irá variar? Justifique.

Na introdução foi comentada que apenas seria variada a resistência do potenciômetro. Com isso, esta pergunta tem como objetivo avaliar se o aluno tem a noção de que, ao diminuir a resistência a tensão no LED aumentará, e como consequência emitirá luz. O gráfico abaixo mostra os resultados do questionário inicial.

Gráfico 5-7. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 4 das previsões iniciais.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário inicial.

Como a turma já sabia, mais ou menos, como funcionava um circuito básico, quase metade da turma respondeu que sim e justificaram da seguinte maneira.

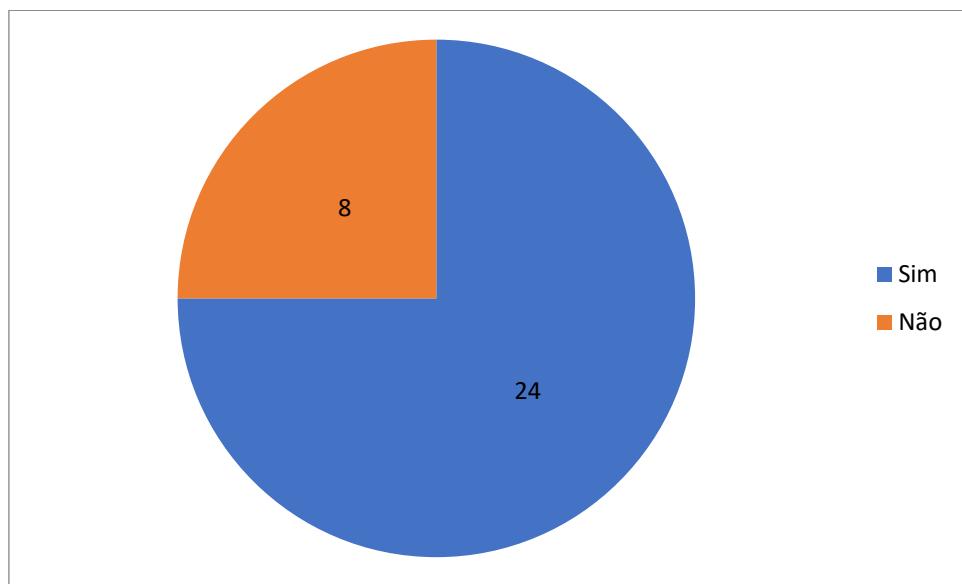
“Sim, pois com o aumento do potencial elétrico a luz aumenta.” (Aluno A).

“Sim, pois ele controla a potência que chega ao LED.” (Aluno B).

“Sim, pois quanto mais a potência energética mais intenso é o brilho do LED.” (Aluno F).

Quanto aos que responderam não, grande parte justificou que não sabia. O gráfico abaixo mostra a mesma pergunta sendo feita após a aplicação da demonstração.

Gráfico 5-8. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 4 das previsões finais.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário final.

Após a demonstração e feita a relação entre o organizador prévio, ainda durante a demonstração, o entendimento do que aconteceu na demonstração ficou mais clara para os alunos, bem como, pude observar a ancoragem do que já sabiam, por parte dos que responderam sim.

“Quanto menor a resistência maior a tensão no LED e o seu brilho.” (Aluno B).

“Sim, pois quanto menos a resistência, maior vai ser o brilho” (Aluno D).

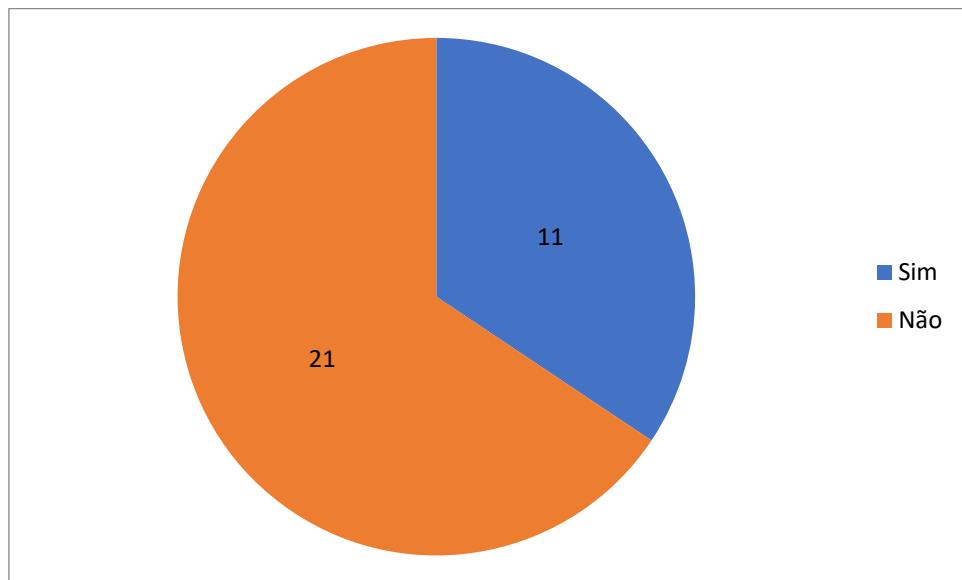
“Sim, pois quanto menor a resistência, mais forte a luz do LED.” (Aluno H).

“Quanto menor a resistência maior a luz no LED.” (Aluno I).

**5.1.8.6. Pergunta 5: Existe uma tensão mínima para que o LED possa começar a emitir luz? Qual essa tensão? Justifique.**

O gráfico abaixo mostra os resultados do questionário inicial.

Gráfico 5-9. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 5 das previsões iniciais.

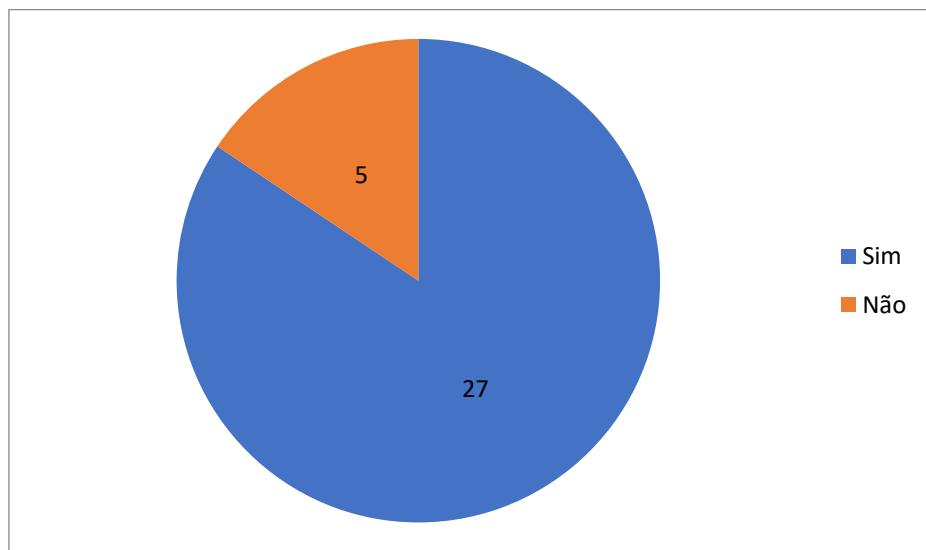


Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário inicial.

No geral os que responderam sim, não sabiam informar qual era a tensão. A maioria após recolher a previsões iniciais, responderam que chutaram.

O gráfico abaixo mostra a mesma pergunta sendo feita após a aplicação da demonstração.

Gráfico 5-10. Resultado das respostas obtidas pelos alunos referente à questão 5 das previsões finais.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das respostas ao questionário final.

“Sim, Energia Potencial Elástica.” (Aluno A)

“Sim, tensão de corte.” (Aluno B).

“Sim, tensão de corte.” (Aluno D).

“Diferença de Potencial.” (Aluno G).

A maioria que respondeu sim justificou que era a tensão de corte. Outra parte apenas respondeu que sim. Creio que a pergunta utilizada não foi bem formulada.

## 6. CONCLUSÃO

A iniciativa de introduzir o tema da emissão de luz no LED proporcionou uma atividade atrativa e cotidiana relacionada aos tópicos de física moderna. Embora a técnica do organizador prévio tivesse o intuito de facilitar a compreensão dos mecanismos dinâmicos dos estados de energia de uma partícula, os resultados não corresponderam às expectativas. Um dos motivos foi o tempo demasiado longo de aplicação do organizador prévio, como já comentado. Além disso, por estar às vésperas de Enem, os alunos se apresentavam um tanto dispersos nas atividades. Muito provavelmente esse período também tenha influenciado na falta de dedicação da atenção da parte deles. Embora a ideia da sequência seja válida, a execução não ocorreu como planejado, pois a duração das aulas foi reduzida, acarretando na aplicação do produto em quatro aulas não previstas e isso provavelmente interferiu no processo de aprendizagem dos conceitos.

A utilização dos comentários durante a demonstração no segundo momento da aplicação, sem dúvidas, garantiu um bom desenvolvimento da aplicação do produto. Os comentários foram necessários pela complexidade dos conceitos. A complexidade dos conceitos envolvidos e utilizados para o entendimento do conceito em questão contribuiu para o resultado não satisfatório da aplicação da sequência, fato este que é notório ao observarmos a superficialidade das respostas transcritas na parte dos resultados e análises. Portanto, reitero a necessidade de um tempo maior para o desenvolvimento dos conceitos abordados individualmente.

Quanto às metas estabelecidas para esse trabalho, posso considerar que foram parcialmente atendidas, visto que, devido às impossibilidades da aplicação total da sequência da aula demonstrativa, não pude desenvolver o produto como um todo. Apesar desses reveses, a aplicação do produto possibilitou realizar uma provocação significante nos estudantes. Recomendo que, para futuras aplicações, devam ser feitas mudanças importantes na estrutura da sequência, e principalmente, nos questionários para que possam ser avaliados de forma a quantificar o aprendizado dos alunos durante a aplicação da sequência.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D.P. (1968). **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- ATHOS, (2019) **Resistor – O que é, tipos e aplicações**. Disponível em: <https://athoselectronics.com/resistor/>, Acesso em 20/01/2020
- ATHOS, (2019) **Protoboard simulador online**. Disponível em: <https://athoselectronics.com/protoboard-simulador-online/>, Acesso em 20/01/2020.
- B. PIROPO, **Transistores para iniciantes**. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/07/transistores-para-principiantes.html>, Acesso em 29/12/2019.
- BÁRBARA SPANIOL, CÍNTIA FORCHESATTO E JULIA CARINI, **Bases Teóricas e Metodológicas para Ensino Superior**, Instituto de Física, UFRGS, 2006.
- BANDEIRA, LIMA SERGILANO. **Aprendizagem de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio profissionalizante utilizando Arduino**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal Rural do Semiárido, 2017.
- CAVALCANTE, MARISA ALMEIDA; TAVOLARO, CRISTIANE RODRIGUES CAETANO; MOLISANI, ELIO. **Física com Arduino para iniciantes**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, p. 4503, 2011.
- CARVALHO, LUIZ RAIMUNDO MOREIRA DE. **Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino**. 2014. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Física, Departamento de Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: Acesso em: Dezembro. 2017.
- CARUSO F; OGURI, V. **Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- CAVALCANTE, M.A; TAVOLARO, C.R.C. **Física Moderna Experimental**. 2.ed- Barueri, São Paulo: Manole,2007.
- CAVLCANTE M.A; TAVOLARO, C.R.C; HAAG, R. **Experiências em Física Moderna**. Física na Escola, V.6 n.1, 2005.
- CRUZ, LUANA CRISTINA DA. **História da ciência na abordagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea: evolução de modelos atômicos**. / Luana Cristina da Cruz. – Dourados, MS: UFGD, 2016.
- [DUARTE, 2005] Duarte, M. C. **Analogias na Educação em Ciências: contributos e desafios**. Investigações em Ensino de Ciências, v.10, n.1, 2005. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10\\_n1\\_a1.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a1.htm)>.

[DOMINGUINI, 2012] Dominguini, Lucas; Maximiano, Joema Rzatky; Cardoso, Leonel: **Novas abordagens do conteúdo FísicaModerna no Ensino Médio público do Brasil**, IX ANPED Sul – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, Caxias do Sul, 2012. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsl/9anpedsl/paper/viewFile>. Acesso em maio de 2017.

EISBERG R. M., RESNICK, R. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos e partículas**, Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

FISCHLER, H., LICHTFELDT, M. **Modern physics and students' conceptions International**. Journal of Science Education, London, v. 14, n. 2, p. 181-190, Apr./June 1992.

GIL, D. P., SOLBES, J. **The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science**. International Journal of Science Education, London, v. 15, n. 3, p. 255-260, May/June 1993.

GLYNN, S. (1991). **Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model**. Em Glynn, S.M., Yeany, R.H. & Britton, B.K. (Eds.). The Psychology of Learning Science. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240.

GOMES, M.P.C.; RIBEIRO, V.M.B.; MONTEIRO, D.M.; LEHER, E.M.T.; LOUZADA, R.C.R. **O uso de metodologias ativas no ensino de graduação nas ciências sociais e da saúde – avaliação dos estudantes**. Ciência & Educação, v. 16, n. 1, p. 181-198, 2010.

GERMANO, ELOÁ DEI TÓS ET AL. **O Software Algodoo como material potencialmente significativo para o ensino de física: simulações e mudanças conceituais possíveis**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

HALLIDAY, D., RESNICK, R. **Fundamentos de Física, v. 4. Ótica e Física Moderna**. 9<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (2009).

ELECTRONICA-LED, **Díodo Emissor de Luz**. Disponível em: <https://www.electronica-pt.com/led>. Acesso em 08/02/2020.

LDB, 1996 Brasil. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

MOREIRA, M. (2012). **Organizadores previos e aprendizagem significativa (Advanced organizers and meaningful learning)**. <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/ORGANIZADORES.pdf>

MOREIRA, MARCO ANTONIO. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. (1997). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/ mapasport.pdf>>

MORA, CÉSAR. **Cambiando paradigmas en la enseñanza de las ciencias: consideraciones sobre el aprendizaje activo de la física.** Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências, [S.I.], v. 1, n. 1, p. 24-32, maio 2017. ISSN 1984-7505. Disponível em: <<http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/286>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

MICROBERTS, M. **Arduino básico;** Tradução – Rafael Zanol. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MOREIRA, MARCO ANTÔNIO. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999.

OSTERMANN F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio".** Revista Brasileira de Ensino de Física. vol.24 no.4 São Paulo 2002.

PCN+ ensino médio: **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias:** Brasília, [2002]. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em novembro de 2019.

RIBEIRO L. R. C. **Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino superior.** 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2010.

SOUZA A. R.(ET AL.).**A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33. n. 1, 1702. Edição (Só da 2ª em diante) ed. Local: Editora, 2011.

SILVEIRA.S. **Desenvolvimento de um Kit Experimental com Arduino para o Ensino de Física Moderna no Ensino Médio.** 2016. 275 f. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina. Araranguá,2016.

SIQUEIRA, ADRIANA BARRETO DE OLIVEIRA. **Física Moderna e Contemporânea: intervenção didática por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) no Ensino Médio.** Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.

SOUZA, JOCIVAL SANTOS. **Inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: uma sequência de ensino para abordar o efeito fotoelétrico.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. 2018.

DAVID R. SOKOLOFF, RONALD K. **Interactive Lecture Demonstrations,** 1 ed , Estados Unidos da America, John Wiley Professio, 2006, páginas 3 e 4.

**TERRAZAN, E. A: A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º Grau**, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992. Disponível em: <http://bit.ly/29NaJLv> . Acesso em 25/11/2016.

**TRÓNIQUICES**, 2007. **Como acender um LED.** Disponível em <https://troniquices.wordpress.com/2007/10/24/como-acender-um-led/>, Acesso em 15/12/2019.

**TELECO**, 2019. **Semicondutores.** Disponível em [https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsemicon/pagina\\_5.asp](https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsemicon/pagina_5.asp), Acesso em 22/12/2019

**TECHTUDO**, 2011 **Controle luzes, motores e muito mais com o Arduino.** Disponível em <https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/arduino.html>, Acesso em 06/01/2019.

**WIKI-SEMICONDUTOR**, 2017. **Semicondutor.** Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Semicondutor>, Acesso em 9/12/2019.

**WIKI-PLANCK**, 2015. **Constante de Planck.** Disponível em [https://pt.wikipedia.org/wiki/Constante\\_de\\_Planck](https://pt.wikipedia.org/wiki/Constante_de_Planck), Acesso em 13/12/2019.

**WIKI-PLACA**, 2018 **Placa de Ensaio.** Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Placa\\_de\\_Ensaio](https://pt.wikipedia.org/wiki/Placa_de_Ensaio), Acesso em 20/01/2020

**YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Ótica e Física Moderna**, 12a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2009.

## 8. APÊNDICES

### 8.1. Apêndice A – Construção do modelo mecânico

Material utilizado

- Computador
- Programa de simulação computacional algodoo

Baixando o Agodoo

O Algodo, disponível gratuitamente em <http://www.algodoo.com/>, é uma plataforma de simulação computacional extremamente versátil. Lá podemos simular desde sistemas simples, como massa mola, plano inclinado, até sistemas mais complexos com mudança de densidade de materiais, gravidade e resistência do ar. Ao entrar no site clique em download e selecione a opção download for Windows ou download for Mac, dependendo do sistema operacional do seu computador.

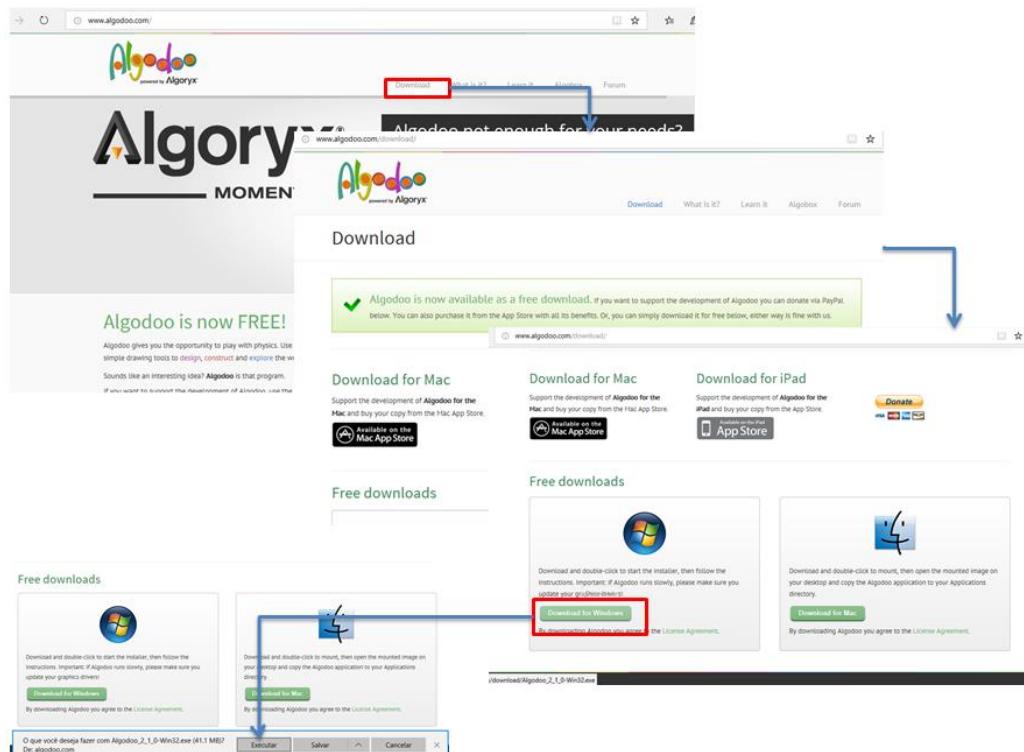


Figura 8-1. Abrindo site e baixando o programa.

Após baixar o programa, instale-o de acordo com os passos do instalador. Quando inicializado o mesmo lhe apresentará uma tela inicial com um pequeno tutorial. Feche a aba do tutorial e na interface do programa, canto inferior esquerdo, selecione a opção ferramentas para criar figuras retangulares.

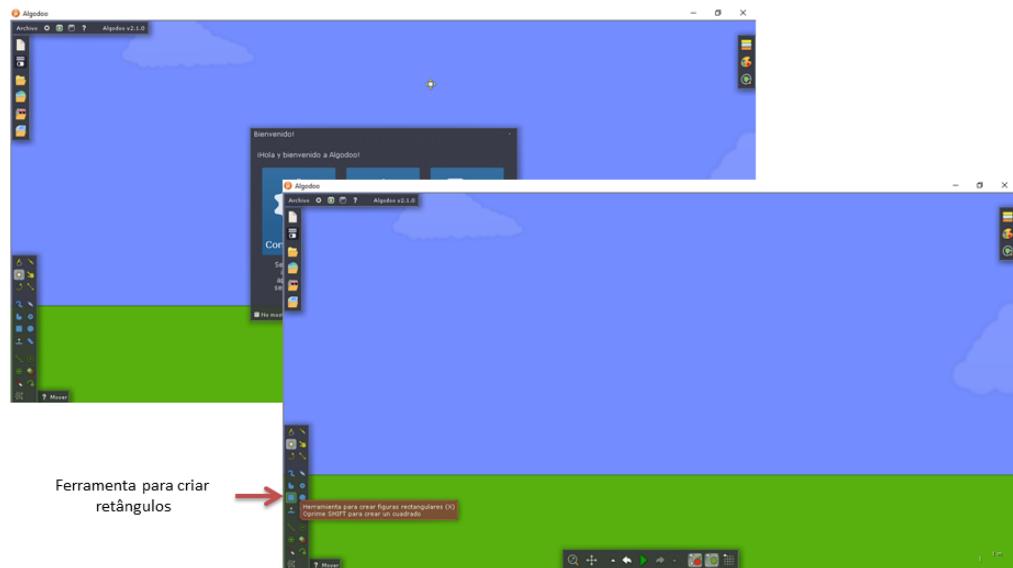


Figura 8-2. Abrindo o programa e selecionando a opção ferramenta para criar retângulos.

### Criando o lançador (base com a mola)

OBS: A qualquer momento pressione a letra “m” no seu teclado para selecionar a opção ferramenta para mover objetos. Esta ferramenta é usada para mover os objetos de um lugar a outro na interface principal do Algodoo. Use a o botão do meio do mouse para ampliar os objetos.

Após selecionar a opção ferramentas para criar figuras retangulares, com o botão esquerdo do mouse crie um retângulo. Não precisa se preocupar com o tamanho, mas que não seja muito grande, nem muito pequeno.

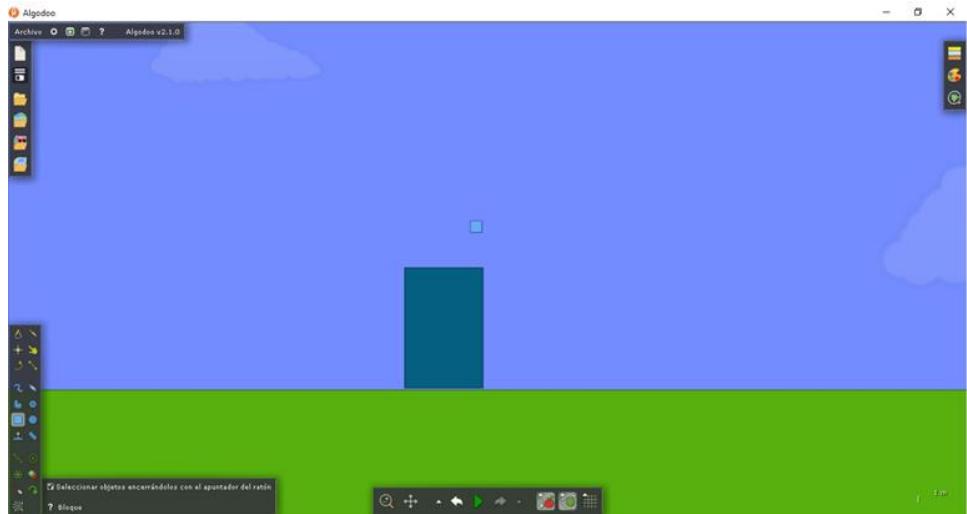


Figura 8-3. Criando o primeiro retângulo.

Crie outro retângulo um pouco menor em cima do que já existe e em seguida com o botão direito do mouse clique em cima desse novo retângulo, selecionando a opção *CSG*, e em seguida *subtrair*.

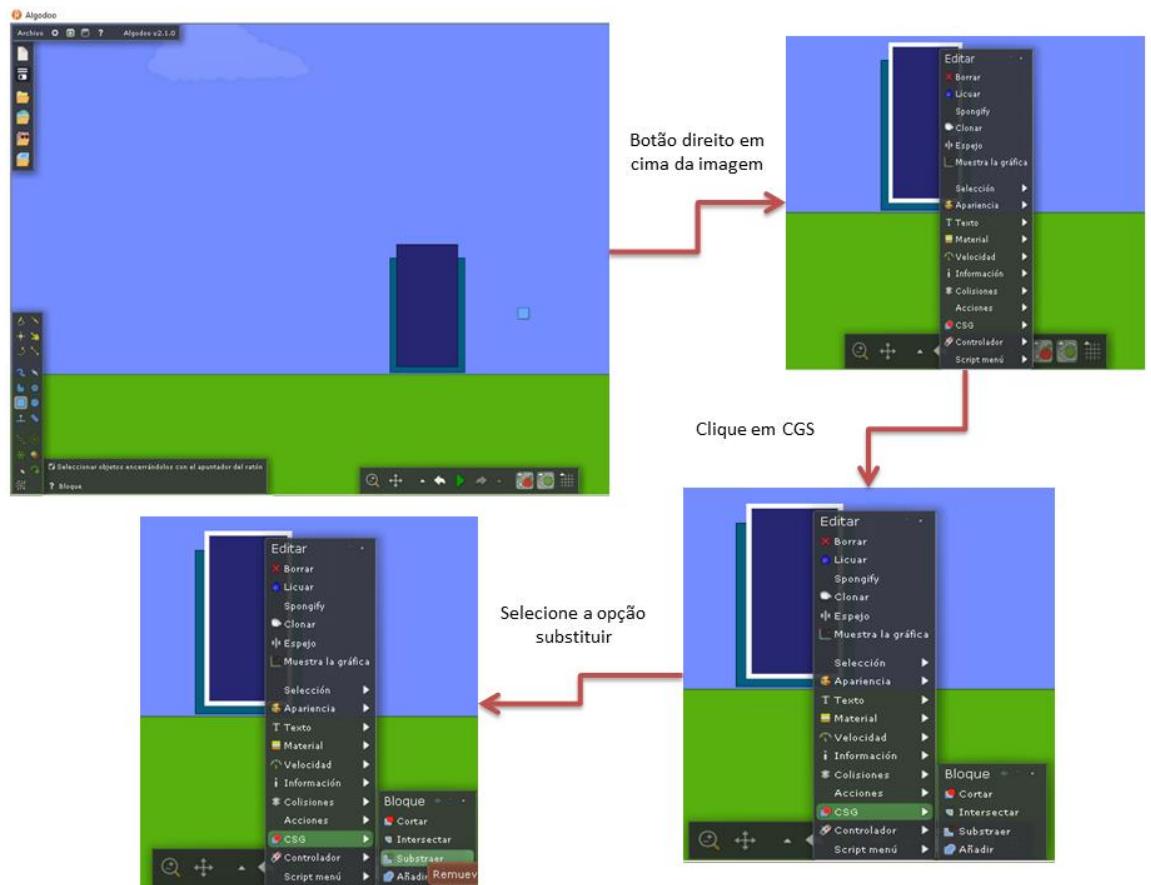


Figura 8-4. Subtraindo a área de um retângulo em outro.

Feito isso, apague o retângulo sobreposto e teremos algo parecido com o da figura abaixo. Esta figura servirá de base para nosso lançador. Gire a figura mesmo 90°

para a direita, para tanto dentro do menu de ferramentas, no lado inferior esquerdo, clique na opção *girar objetos*, depois é só clicar com o botão esquerdo no objeto e girar para a direita.

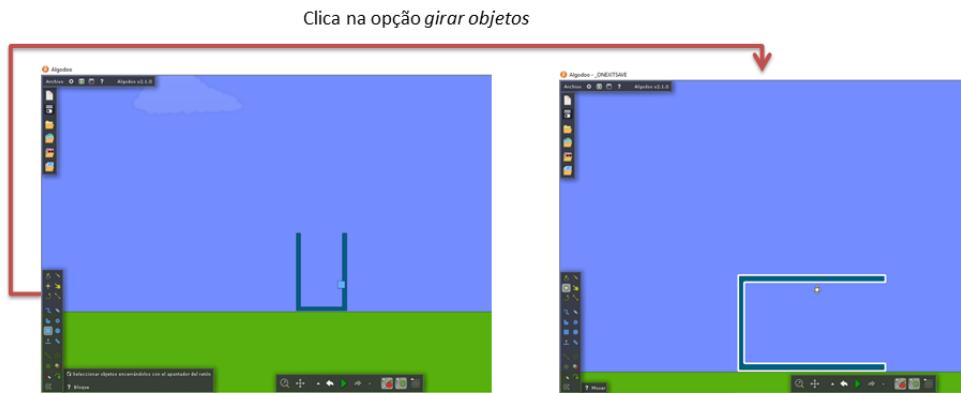


Figura 8-5. Girando a figura.

Dentro do retângulo que você girou, crie mais outro retângulo de espessura e largura bem menor, para servir de “êmbolo” do nosso lançador. No menu de ferramentas, selecione a opção *resortes*, ou simplesmente *molas*, e crie uma mola da base do lançador até o retângulo menor, criado anteriormente. A mola deve estar no meio do êmbolo e do lançador, veja figura abaixo.

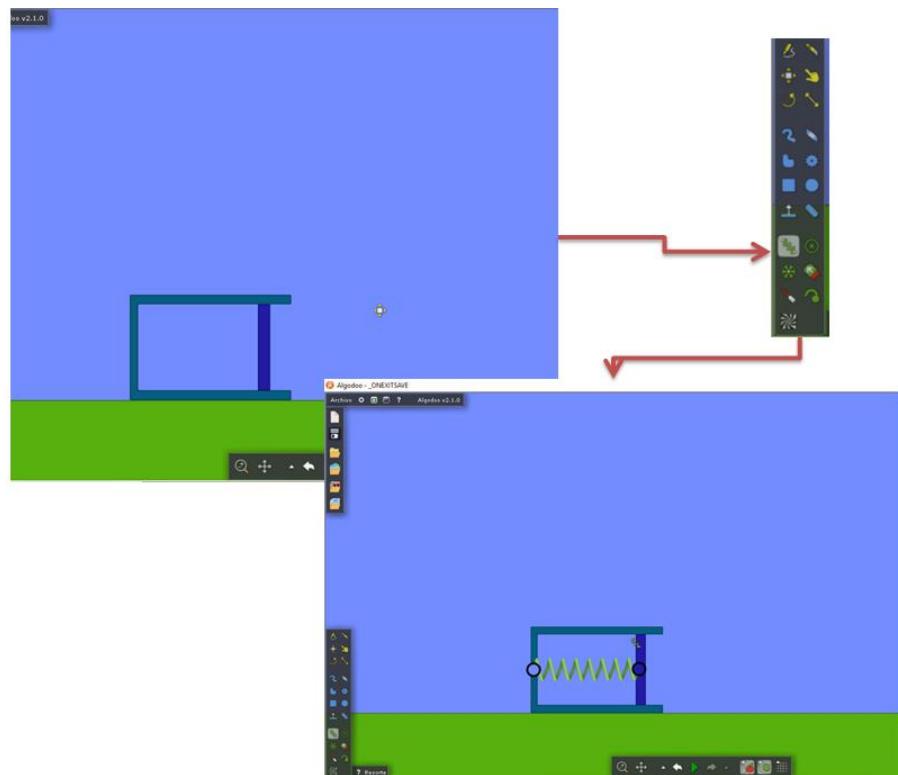


Figura 8-6. Adicionando uma mola ao lançador.

Entre o êmbolo e a base do lançador deve haver o menor atrito possível. Com o botão direito do mouse, clique na base do lançador, selecione a opção *material*, e em seguida com ajuda do mouse atribua o valor “0” para a *fricción* (atraito). Faça o mesmo procedimento para o êmbolo.



Figura 8-7.Retrirando o atrito entre a base e o êmbolo

Para evitar que a base do nosso lançador receba de volta toda força contrária da mola, no menu de ferramentas clique na opção *herramienta para fijar* (ferramenta para fixar), e na base do nosso lançador clique com o botão esquerdo para fixa-lo ao plano, como na figura abaixo.

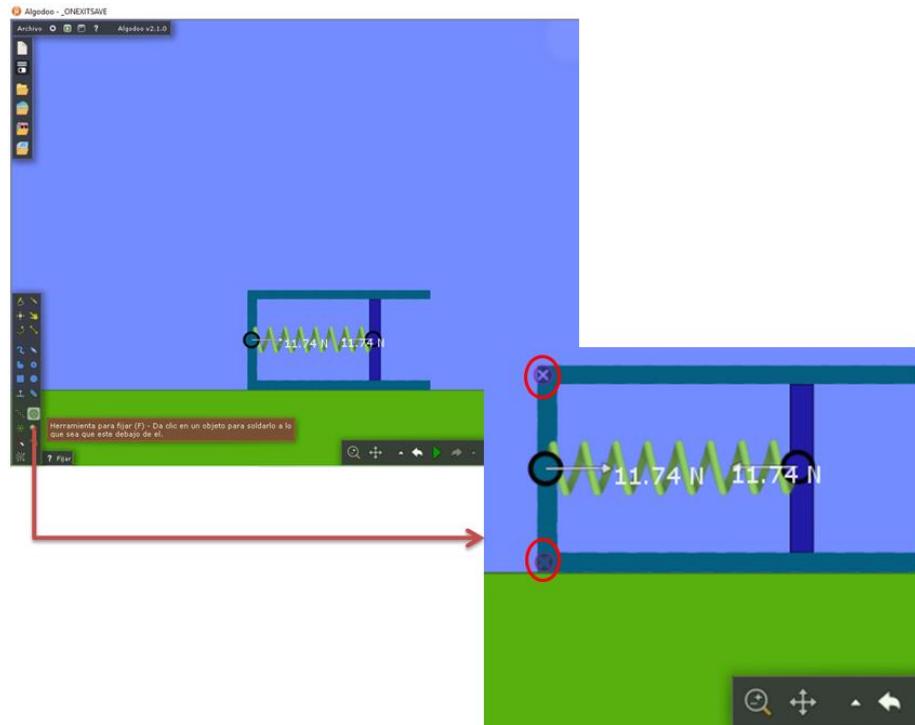


Figura 8-8. Fixando a base no plano.

Caso precise modificar as características da mola, como amortecimento e tamanho, basta clicar com o botão esquerdo do mouse sobre a mesma e selecionar a opção *material*. Este passo serve para mudar as características de todos os materiais criados no Agodoo.



Figura 8-9. Modificando as propriedades da mola

## Criando a rampa

Crie um retângulo grande, próximo à base do lançador, este será cortado para ser nossa rampa. Como não temos uma opção em que possamos cortar este retângulo da forma que queremos, vamos utilizar a mesma opção utilizada para cortar o primeiro retângulo deste tutorial. No menu de ferramentas, clique na opção *herramienta para crear círculos*, e crie um círculo da mesma proporção que o retângulo criado anteriormente.

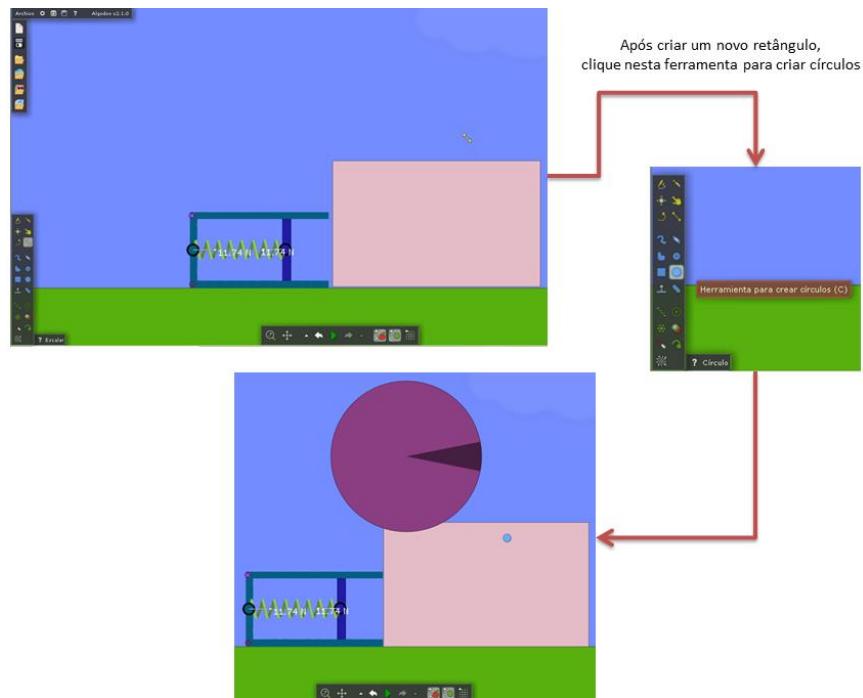


Figura 8-10. Criando o retângulo e círculo para recorte da rampa.

Precisamos criar uma curvatura não muito acentuada no nosso retângulo, mas como podemos observar, com o atual formato de nosso círculo não dá pra fazer isso. No menu de ferramentas, clique na opção *herramienta para escalar* (ferramenta para escalar objetos), e logo depois clique no círculo.

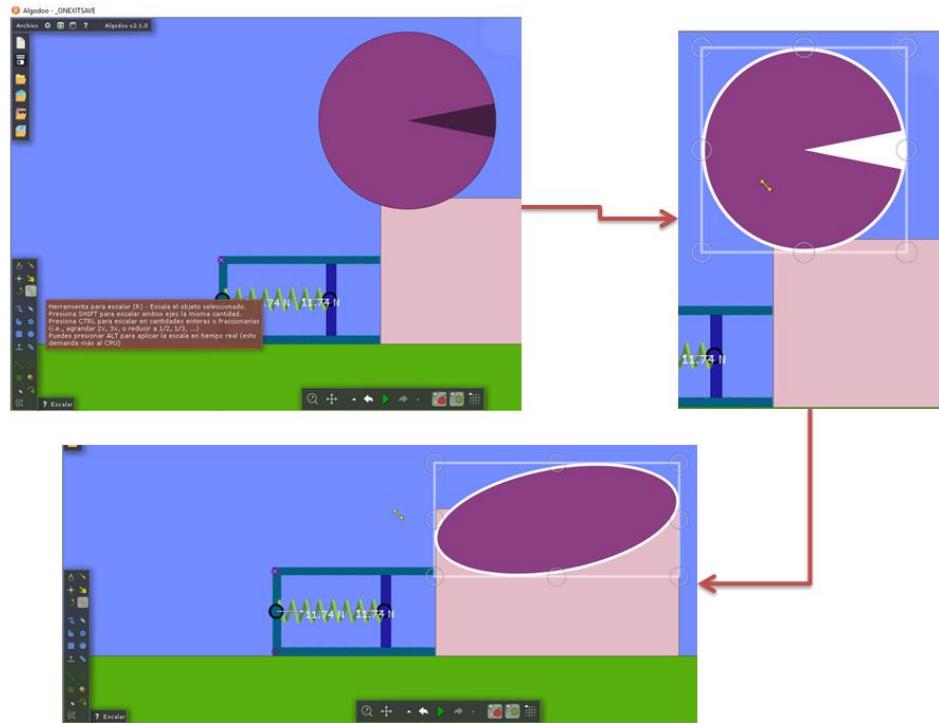


Figura 8-11. Redimensionando o círculo.

Com esta opção podemos redimensionar os objetos da maneira que quisermos. Redimensione o círculo, como na figura abaixo, de modo que a curva ao cortar o retângulo não fique muito acentuada. Após o processo de redimensionar, é só clicar com o botão direito sobre o círculo e em *CGS*, selecionar a opção subtrair.

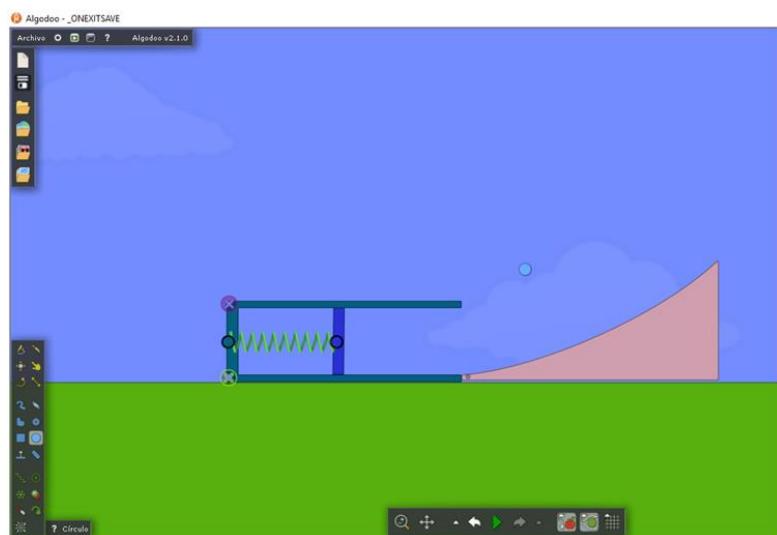


Figura 8-12. Imagem do plano cortado.

Caso o plano não fique bem ajustado à base do lançador, utilize a opção *herramienta para escalar*, ou simplesmente utilize *Ctrl+z* para desfazer e retornar a um estado anterior de criação. Novamente, para que nossa rampa não se move, utilize os fixadores para fixa-lo. Ao lado da rampa crie um novo retângulo de mesma altura, para

servir de plano horizontal. No final, devemos ter um conjunto parecido com o da imagem abaixo.

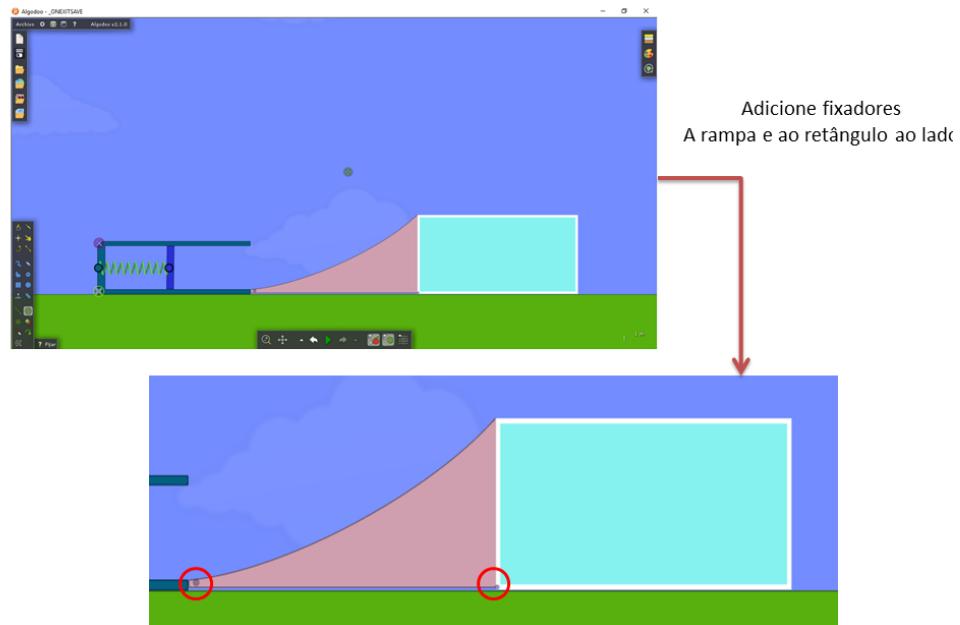


Figura 8-13. Conjunto final e adicionando fixadores às outras duas figuras.

## 8.2. Apêndice B – Proposta de sequência para o organizador prévio

### 8.2.1. Objetivos

- Observar como se relacionam as grandezas: Velocidade, Energia potencial elástica.
- Verificar a dependência da velocidade no plano horizontal, com a Energia potencial elástica.
- Qual a relação entre a energia potencial elástica com o número de objetos no plano horizontal.
- Identificar a energia mínima para esses objetos.

### 8.2.2. Sequência

Com o modelo mecânico montado, é só clicar em *velocidad de la simulación*, no botão que se encontra na parte inferior central da interface, para dar o play na simulação. Neste botão, podemos mudar a velocidade de simulação.

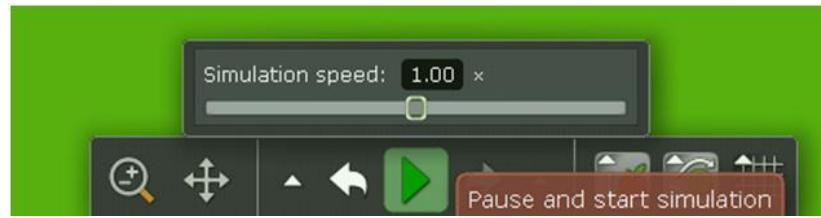


Figura 8-14. Dando play na simulação.

### 8.2.3. 1º parte: Energia potencial elástica e velocidade

No canto superior direito, no menu propriedades, clique na opção *visualización*, *ver furzas*, desmarque todas as opções de forças, menos a opção *resorte*, que é nossa força elástica.

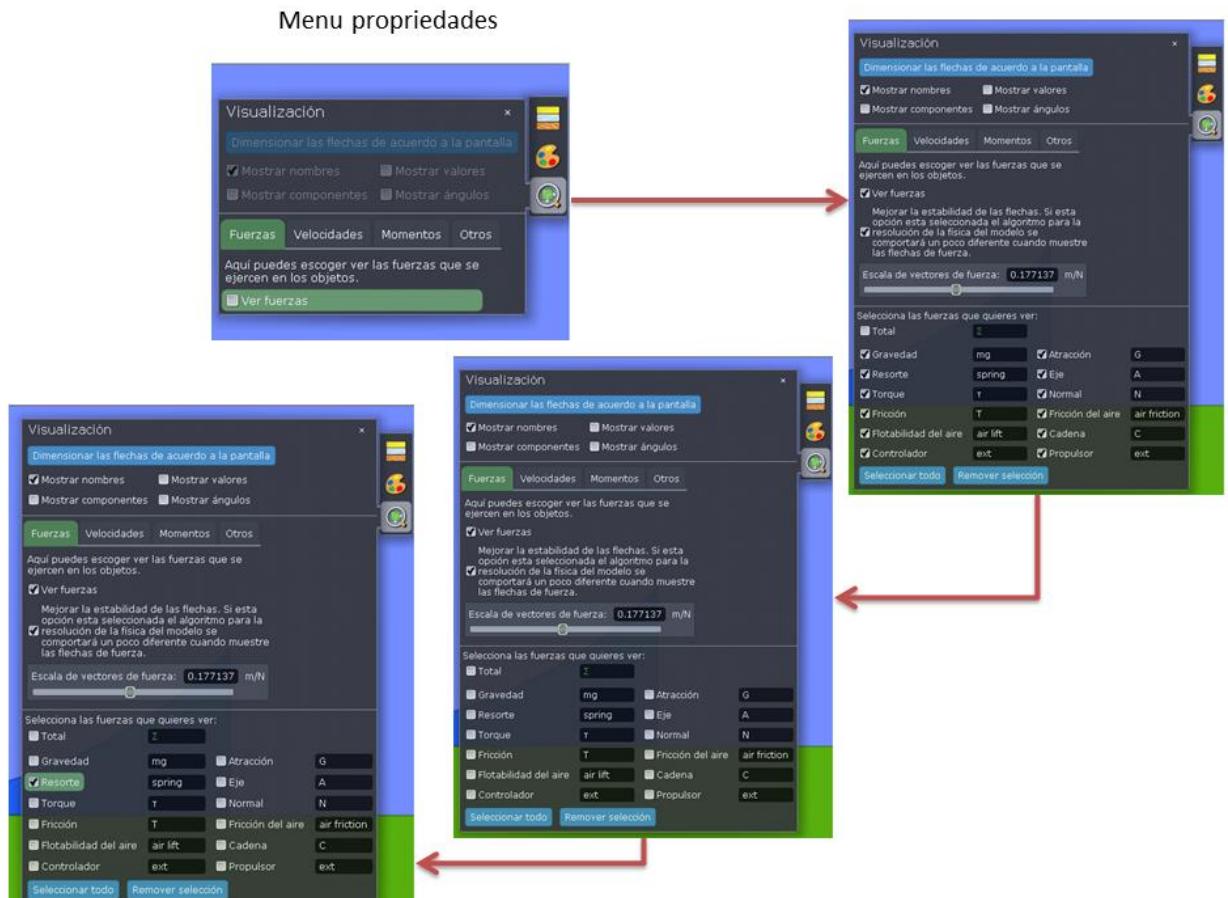


Figura 8-15. Habilitando a função ver forças e velocidades.

Ainda no menu propriedades, selecione a opção *velocidades* e clique na opção *ver velocidades*. Por último, ainda nesse mesmo menu, desmarque a opção *mostrar nombres*, e selecione a opção *mostrar valores*

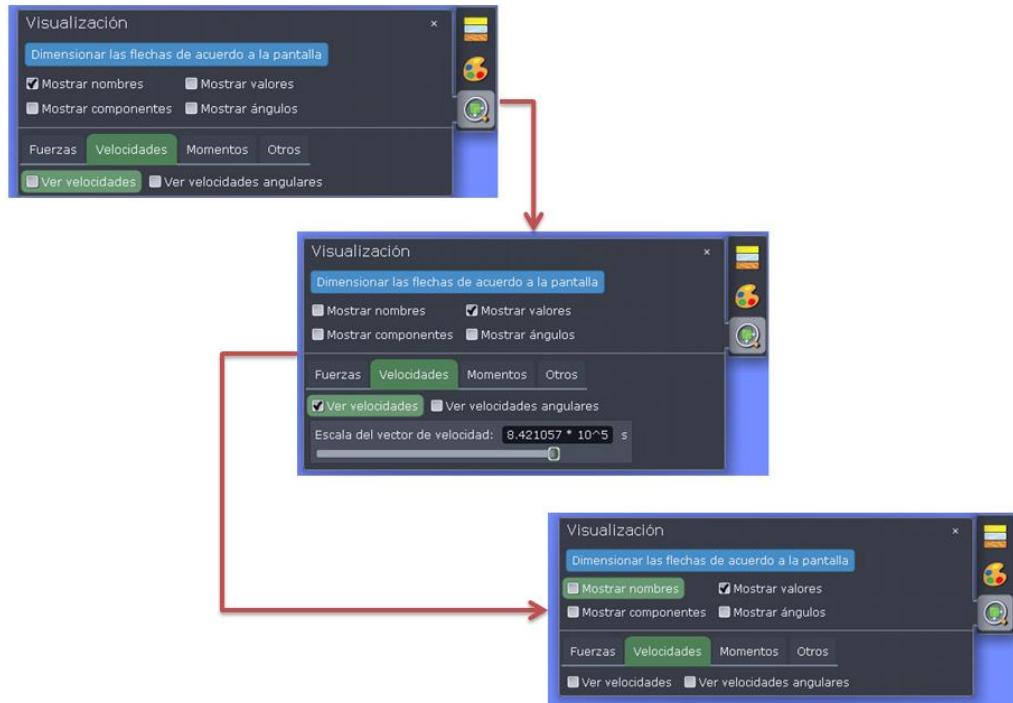


Figura 8-16. Habilitando a função ver forças e velocidades.

- 1º Passo: Com o botão *herramienta para crear círculos*, crie um pequeno círculo na base do lançado, com no máximo 0,3 m de diâmetro. Ainda com a simulação pausada, e com a ajuda do botão *herramienta para mover objetos*, comprima um pouco a mola do lançador para a esquerda. Anote o valor da força elástica.
- 2º Passo: Aproxime a bolinha do lançador e clique em iniciar a simulação. Observe e anote a velocidade máxima alcançada pela bolinha.
- Repita o segundo passo mais duas vezes, lembrando-se de comprimir a mola no máximo 5 N de força. Para cada vez, pressione no botão pausa para poder mover os objetos com a opção *herramienta para mover objetos*.

1º - À medida que aumentamos a força elástica, o que acontece com a velocidade da bolinha?

2º - Como o objetivo é fazer com que a bolinha suba o desnível, devemos fornecer uma energia mínima para tanto?

3º - O que devemos fazer para manter a velocidade no plano horizontal, aumentar, diminuir ou manter a força elástica?

### **8.3. Apêndice C – Programa para obter a tensão de corte.**

```
double V0 = 0.0000;
double V1 = 0.0000;
double V2 = 0.0000;
double I = 0.0000000;
float VL = 0.0000;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Serial.flush();
}

void loop() {
    V0 = analogRead(A0)*5.0000/1023.000;//tensao entre potenciometro e
resistor
    V1 = analogRead(A1)*5.0000/1023.000;//tensao entre resistor e LED
    V2 = analogRead(A2)*5.0000/1023.000;//tensao aplicada no circuito (+ LED)
    VL = V0 - V1;//tensao no LED
    I = ((V1 - V2)/220.000)*1000.0000;//corrente em mA no resistor

    Serial.print(VL);
    Serial.print("  ");
    Serial.print(I);
    Serial.print("  ");
    delay(250);
}
```

## 8.4. Apêndice D – Tratamento dos dados no Scidavis.

O SciDAVis, disponível gratuitamente em <http://scidavis.sourceforge.net/>, é um programa usado para análise e visualização de dados científicos. Ao entrar no site, clica em download e em seguida será apresentada uma página onde será possível escolher seu programa operacional, *Figura 8-17*.

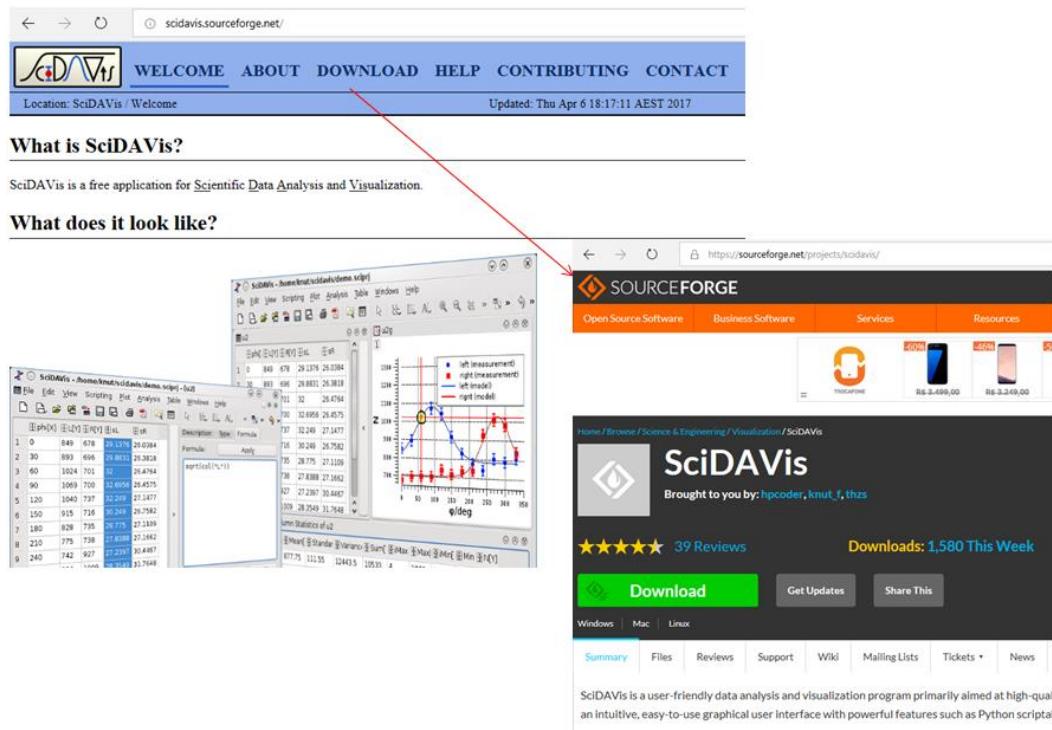


Figura 8-17. Fazendo o download do programa

Após baixar o programa, instale-o de acordo com os passos do instalador. Inicializado, copie e cole os dados do Monitor Serial, para a aba no Scidavis, Figura 8-18.

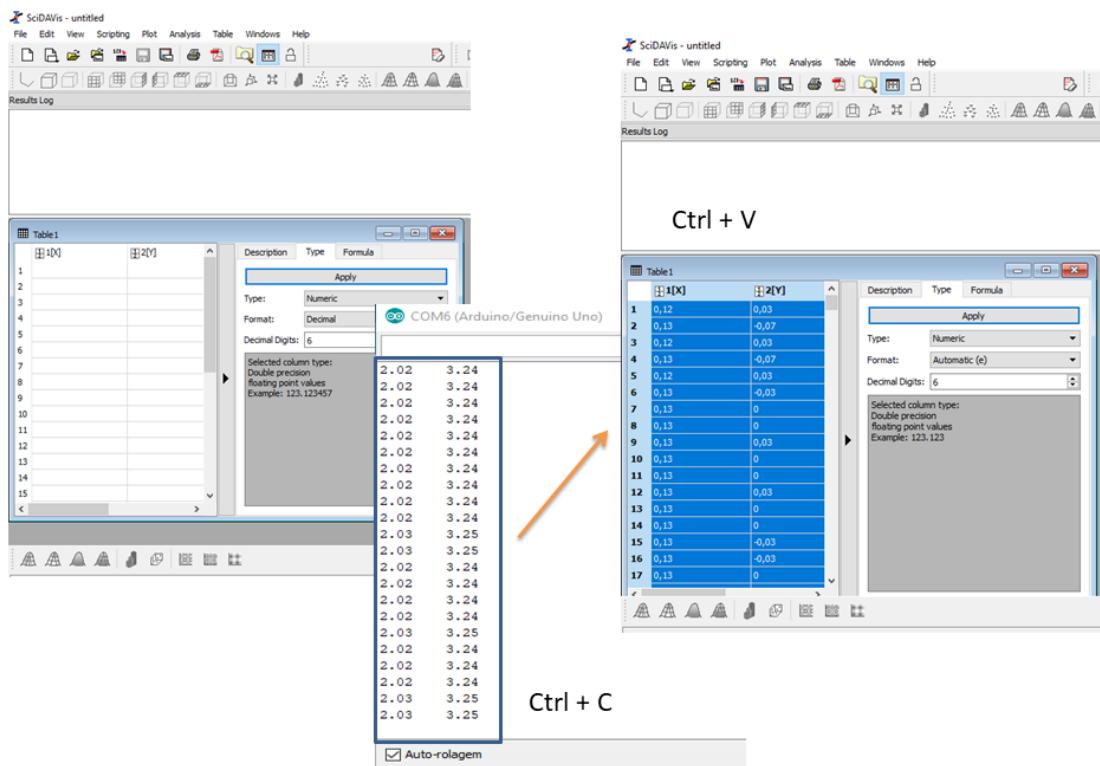


Figura 8-18. Abrindo o Scidavis e copiando os valores do monitor serial para o Scidavis.

Em alguns casos este procedimento não é possível devido alguns problemas de incompatibilidade, para contornar tais problemas salve os dados em um editor de texto.

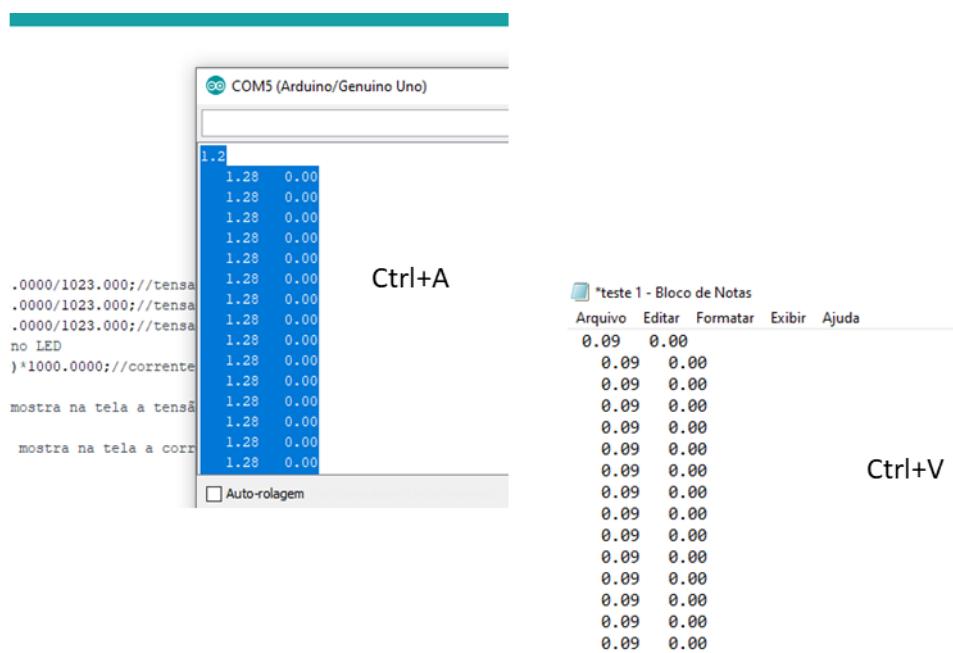


Figura 8-19. Colando os dados no editor de texto.

Clique em Arquivo, no menu superior do editor de texto, em seguida salvar.  
Aqui você escolhe a pasta e o nome do arquivo, que seja de fácil acesso.

Na página inicial do Scidavis clique em file e em seguida import ASCII.

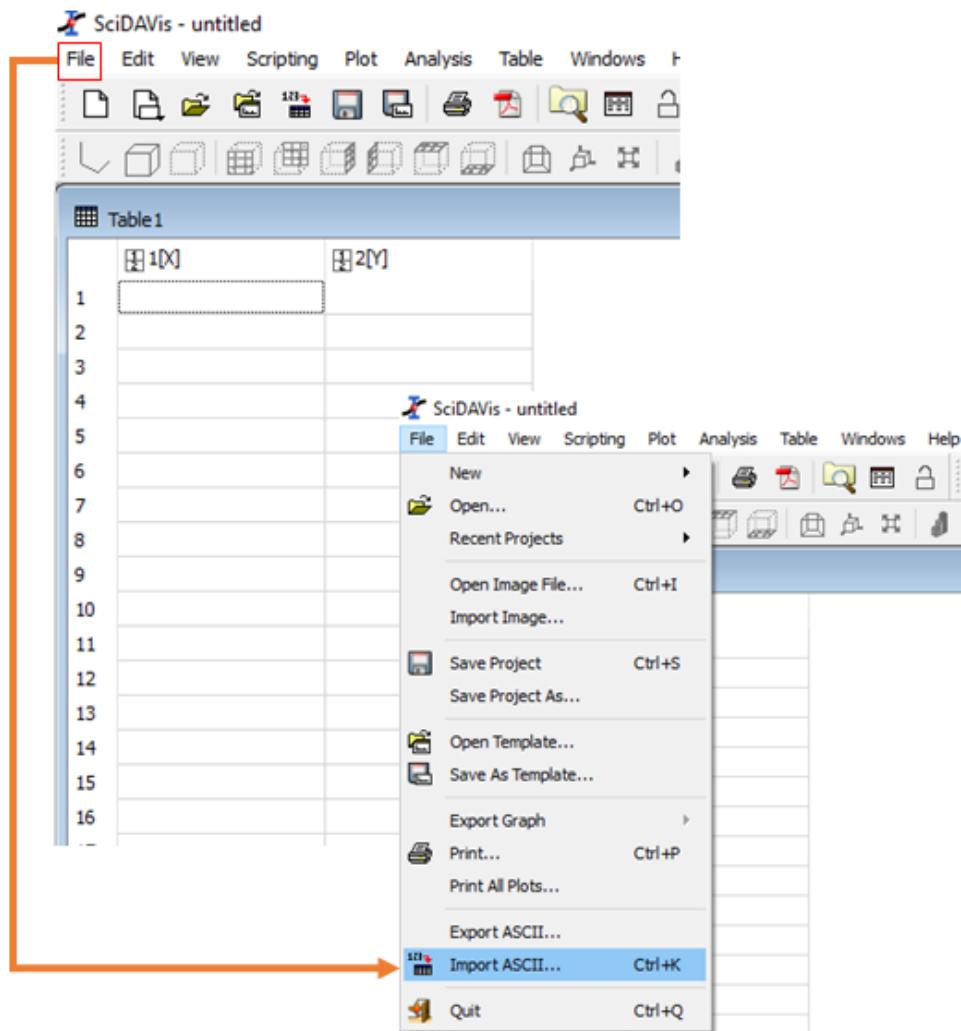


Figura 8-20. Importando os dados.

Na aba que será aberta selecione o arquivo que queira abrir, certifique-se que seja um arquivo em formato de texto (.txt). Na mesma aba clique em separador/separator e selecione a opção space/espaco, assim o programa vai conseguir separar os dados em duas colunas.

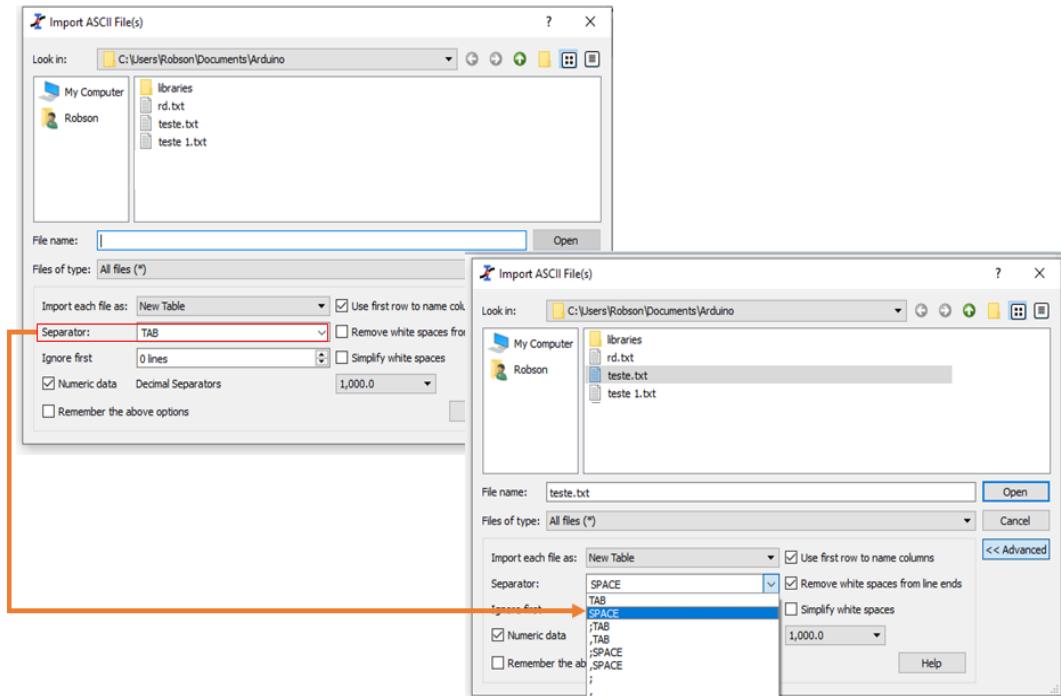


Figura 8-21. Selecionando separador.

Clique em abrir/open para abrir os dados no Scidavis. Ao abrir os dados, algumas tabelas podem ser abertas, todas com valores zeros, juntas com as dos nossos dados. Selecione essas tabelas clique com o botão direito do mouse em cima das tabelas e selecione excluir/remove columns.



Figura 8-22. Removendo colunas extras.

Verifique se os valores de corrente estão na coluna y e os valores de tensão estão na coluna x. Na aba superior são dispostas algumas opções, dentro dessas, temos a opção Plot, clicando nela e logo após na opção Scatter (dispersão), receberemos algo como na Figura 8-23.

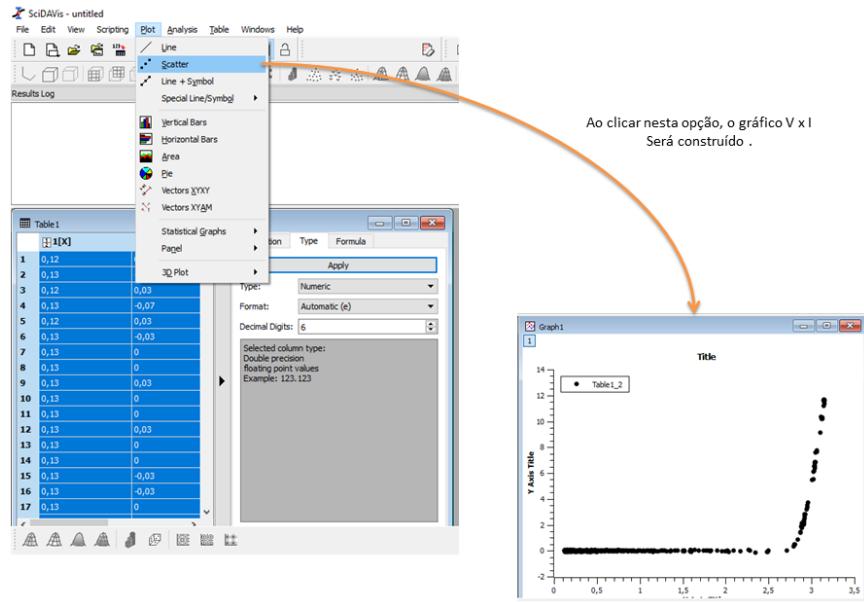


Figura 8-23. Criando o gráfico no Scidavis.

Precisamos definir dois pontos, um máximo e outro mínimo, para poder ajustar uma reta a partir do momento em que o LED começa a conduzir. Clique na opção Tools e em seguida na opção Select Data Range, aparecerão dois pontos no gráfico que podem ser selecionados com as setas de direita e esquerda. Quando selecionada a opção Select Data Range, um dos pontos já vai estar posicionado no máximo da curva, basta a você, apenas dê um clique no ponto onde a curva começa a subir, como na Figura 8-24.

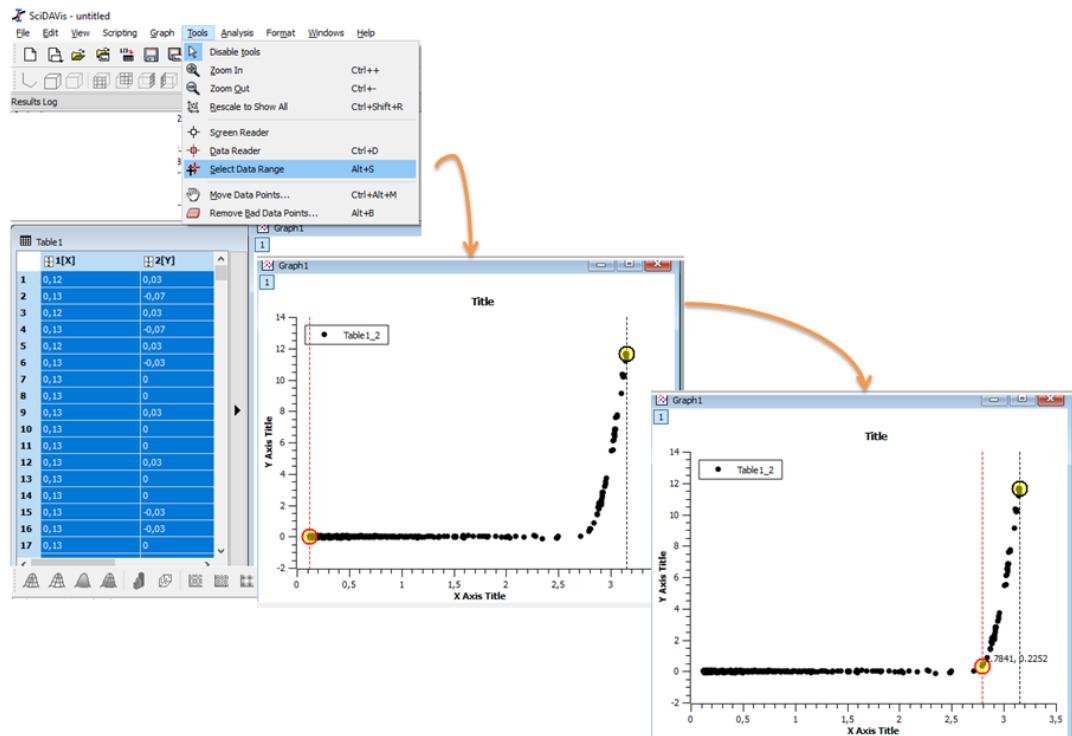


Figura 8-24. Limitando a construção da reta do ajuste linear.

Para ajustar uma reta neste intervalo selecionado, clique em Analysis, Quick Fit e em Linear, Figura 8-25. Desta forma, uma reta será ajustada no intervalo previamente selecionado.

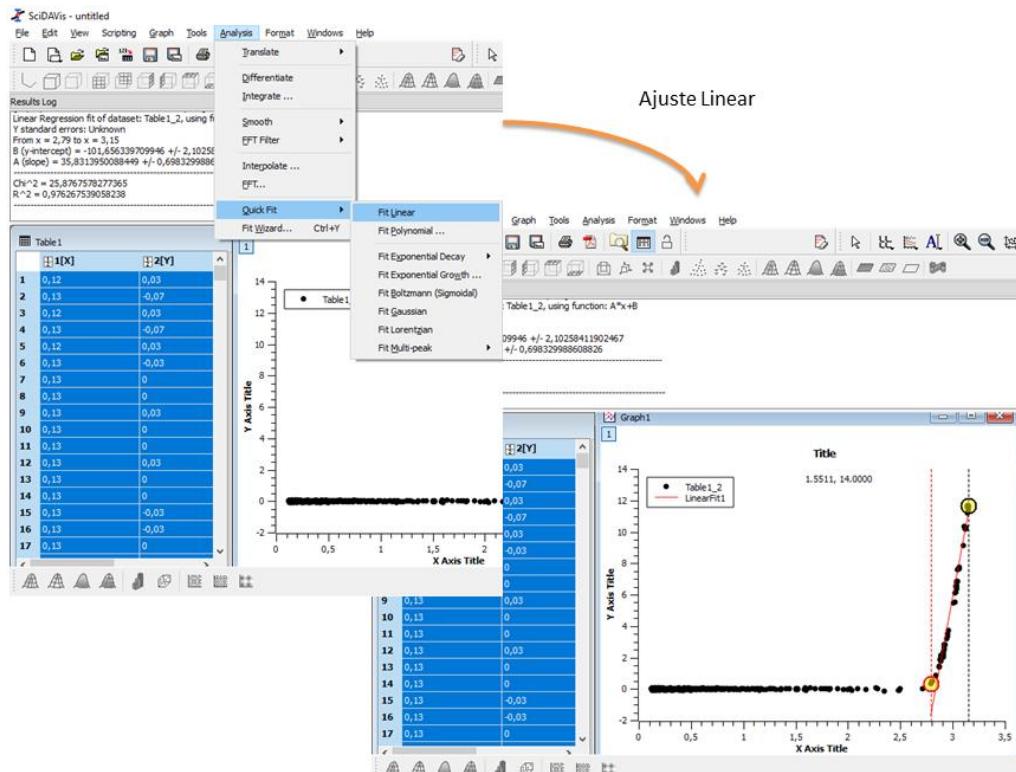


Figura 8-25. Ajustando uma reta.

Na parte superior esquerda, apareceram alguns valores, estes são referentes ao ajuste no gráfico. Como mostra a Figura 8-26, sabemos que o ajuste se trata de uma função do primeiro grau  $Ax + B = 0$ , onde os coeficientes A e B são dados automaticamente pelo ajuste.

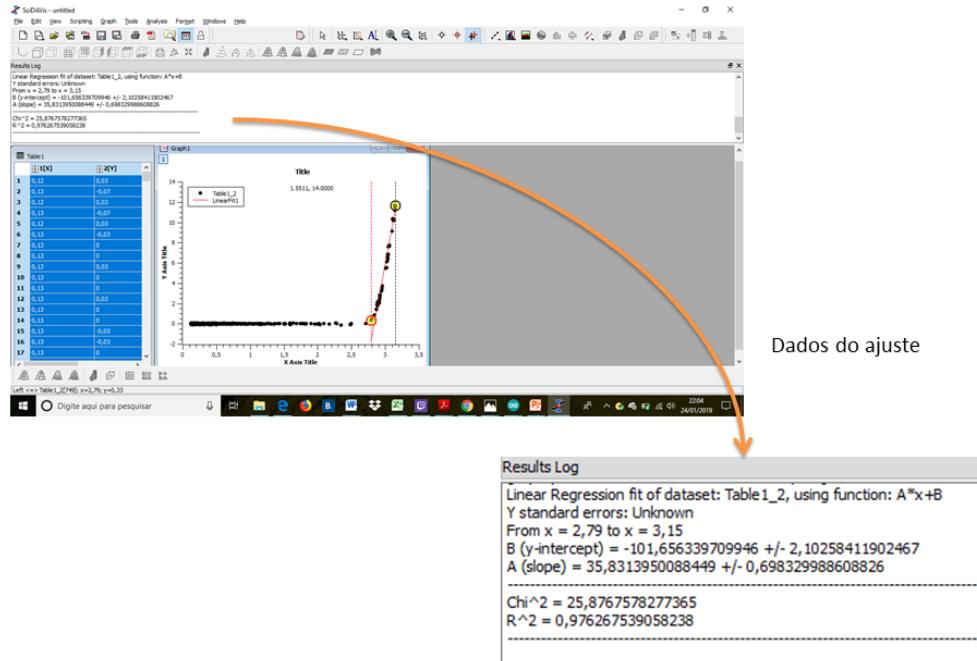


Figura 8-26. Dados do ajuste

Como pode-se observar, podemos fazer uma dedução do valor da tensão de corte apenas no “olhometro”, ou calculando o zero da função com os dados do ajuste.

$$A = 35,8 \text{ e } B = -101,65$$

Logo:

$$Ax + B = 0$$

$$35,8x - 101,65 = 0$$

$$x = \frac{101,65}{35,8} = 2,8 \text{ V}$$

Segundo a Literatura, a tensão de corte do LED Azul, o qual foi utilizado nesse tutorial, tem uma tensão de corte é aproximadamente  $T_{corte} = 3,1 \text{ V}$ , logo temos o seguinte erro percentual  $e_{\%}$ :

$$e_{\%} = \frac{valor_{teorico} - valor_{experimental}}{valor_{teorico}}$$

$$e_{\%} = \frac{3,1 - 2,8}{3,1} = 9,6 \%$$

## 8.5. Apêndice E – Conexão Direta no LED.

O diodo emissor de luz (LED) possui dois terminais, um positivo chamado de anodo e outro negativo com a “perninha” maior, chamado de catodo, Figura 8-27.

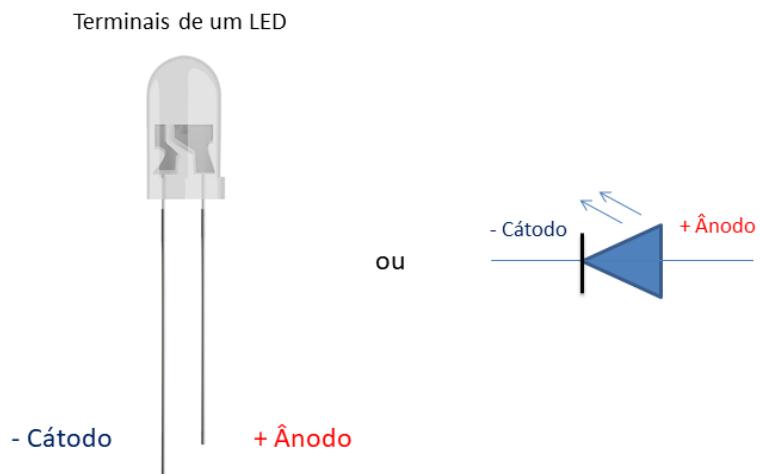


Figura 8-27. Terminais de uma LED. Próprio autor.

A ligação direta do LED dar-se-á com a conexão do polo positivo do LED com o positivo da bateria (fonte), bem como o polo negativo do LED com o negativo da bateria ou (fonte), como mostra a Figura 8-28. O resistor **R** pode ser conectado de qualquer lado, pois o mesmo não possui polos.

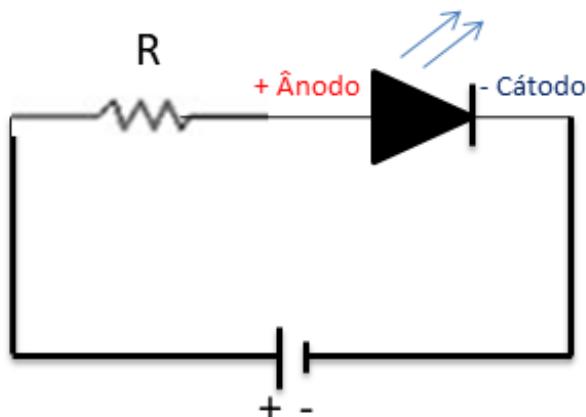


Figura 8-28. Conexão direta do LED, nos circuitos.

## 8.6. Apêndice F – Determinando o Resistor para cada LED.

O LED precisa ser submetido a uma tensão de corte, como podemos observar na Primeira ADI, para que o mesmo possa começar a emitir luz. Caso essa tensão seja maior do que a suportável por ele, o LED pode queimar. Para a conexão, e funcionamento correto do LED, é necessário conectar um resistor junto com LED.

O resistor irá funcionar como um limitador de tensão. Mas qual valor de resistência usar? Para determinar a resistência, usando o exemplo da Figura 8-28, basta aplicar a lei das malhas de Kirchhoff. Escolhemos o sentido convencional da corrente para analisar a malha, Figura 8-29.

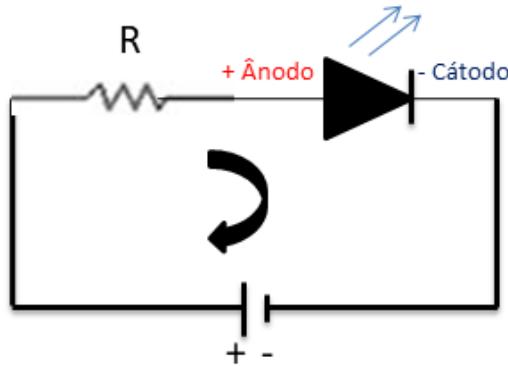


Figura 8-29. Escolhendo o sentido convencional da corrente.

Aplicando a lei das malhas, todos os dispositivos que estão conectados de acordo com o sentido convencional da corrente, terão valores positivos de tensão, no final é só igualar a tensão da fonte:

$$V_{fonte} = V_{resistor} + V_{LED} \quad \text{Equação (8.1)}$$

Substituindo  $V = R \cdot i$  apenas no LED, temos:

$$V_{fonte} = R \cdot i_{total} + V_{LED} \quad \text{Equação (8.2)}$$

$$\frac{V_{fonte} - V_{LED}}{i} = R \quad \text{Equação (8.3)}$$

## 8.7. Apêndice G – O circuito principal

O circuito utilizado na aula com demonstração, é composto por dois resistores um potenciômetro, um LED e a placa Arduino, de acordo com a *Figura A6.1*.

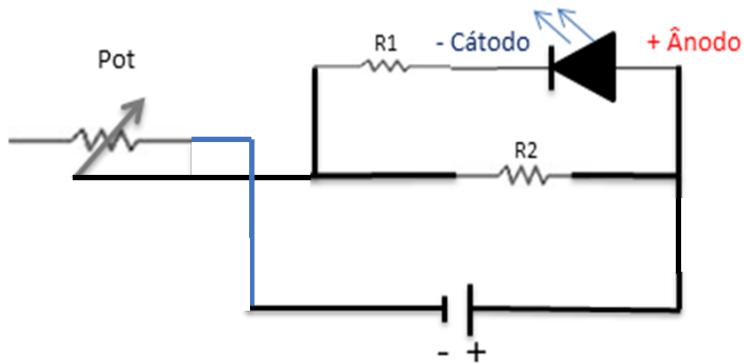


Figura 8-30. Representação do circuito utilizado nas com demonstração.

O resistor R1 é utilizado como limitador de tensão, vinde **Apêndice 7.6**, onde seu valor depende da cor de LED utilizado, e do tipo também.

Como em todo circuito, pode haver correntes de fuga, o R2 é utilizado para impedir essas correntes de fuga. O valor do R2 sempre será maior que o valor de R1.

A tensão fornecida ao circuito será a do Arduino, ou seja, 5v. O potenciômetro foi conectado para que ele percorra um intervalo de 0 à 5v, ou dependendo do potenciômetro que esteja a sua disposição, de acordo com a tensão fornecida ao circuito.

## 8.8. Apêndice H - Formação da Junção PN.

O LED é constituído por uma junção PN de materiais semicondutores. Sua cor é determinada pelos tipos de materiais usados nessa junção.

Como já é sabido, os semicondutores são materiais que possuem uma banda proibida, de “largura” menor que os próprios isolantes de fato. Aqui iremos visualizar a formação desta banda, também conhecida como barreira de potencial, mediante também, a criação de uma junção PN.

Baixe o Applet disponível em <http://www.acsu.buffalo.edu/~wie/applet/pnformation/pnformation.html>, com ele é possível visualizar o processo de formação de uma junção, bem como o de dopagem dos materiais, Figura 8-31.

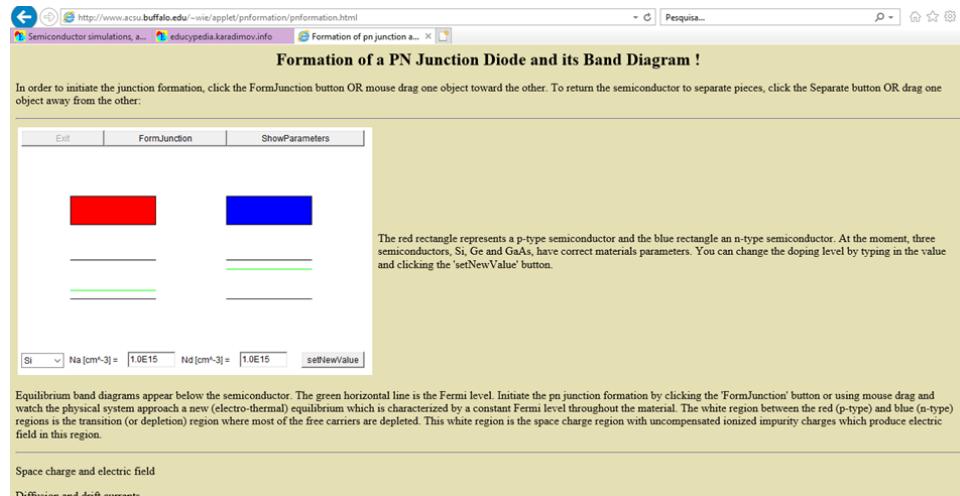


Figura 8-31. Executando Applet no navegador.

Caso o Applet não seja executado, siga os passos do **Apêndice I**, lá são listados alguns possíveis motivos da não execução do mesmo, bem como suas possíveis soluções. Esse anexo serve para os outros Applets.

Clique em ShowParameters, e em seguida move um dos blocos para próximo do outro, ou clique em FormJunction, Figura 8-32.

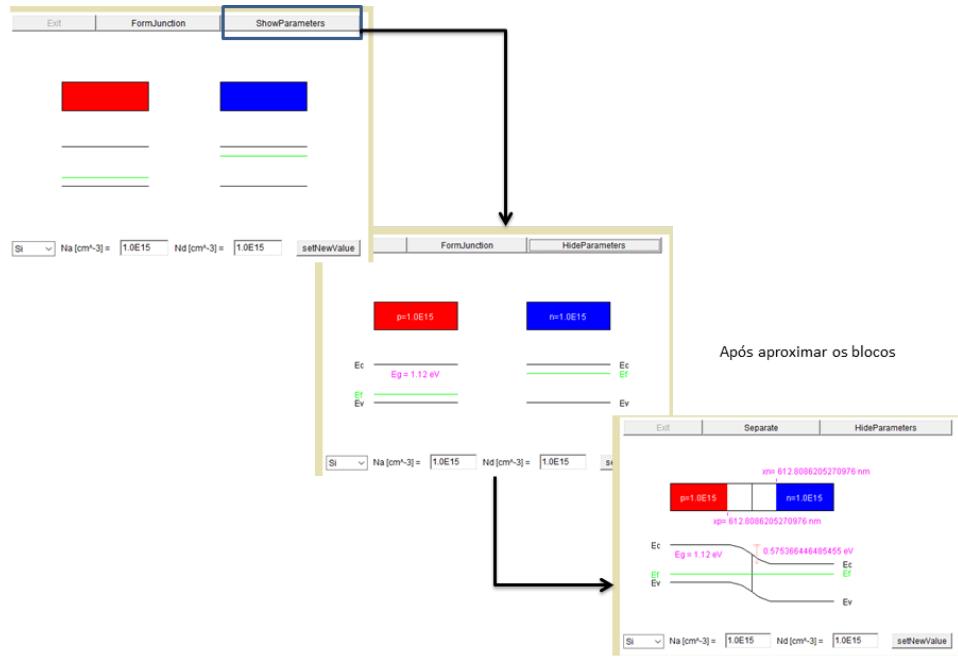


Figura 8-32. Executando o Applet.

Ao aproximar os dois materiais, observa-se a criação de uma barreira, um espaço vazio Figura 8-32, e ainda podemos visualizar que, à medida que essa barreira aumenta a energia  $E_g$  aumenta também, bem como é dependente dos tipos de materiais utilizados.

O outro Applet está disponível em <http://educypedia.karadimov.info/library/EngPnJunction.swf>. Quando juntamos dois materiais semicondutores, há uma reorganização dos elétrons dentro da junção, formando uma depressão ou barreira de potencial, o que podemos verificar com o Applet a seguir. O Applet se assemelha muito a um gif, Figura 8-33, então cabe ao professor orientar os alunos, a observarem de cima para baixo.

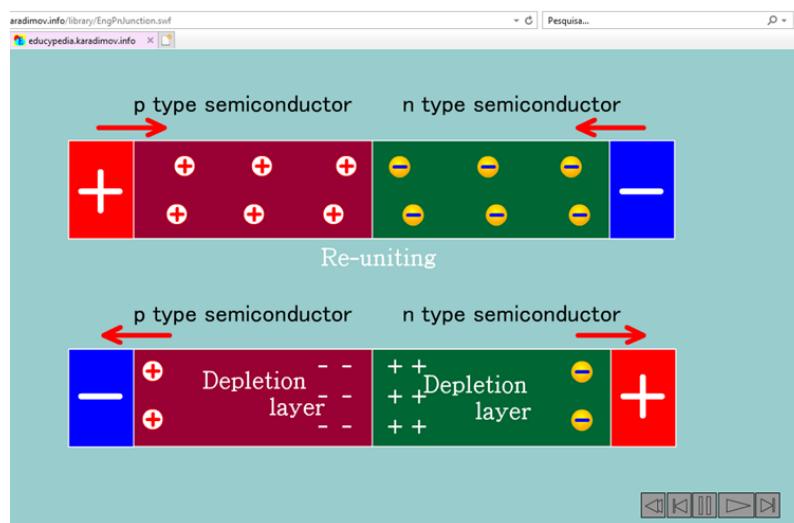


Figura 8-33. Abrindo e executando.

## 8.9. Apêndice I - Erros ao executar os Applets.

Alguns Applets são executados no próprio navegador, ainda, a exemplos os que são indicados na aula com demonstração. Mas, existem alguns erros que podem acontecer, e que na maioria das vezes impossibilitam o uso dessas aplicações. A seguir, é apresentado um dos principais erros, lembrando que, se você ainda usa a internet Explorer, não precisa seguir o PASSO 1.

1º Passo: As aplicações foram testadas no Mozilla Firefox, Internet Explorer, Google Chrome e Microsoft Edge. Porém tivemos o melhor resultado no Internet Explorer.

Caso tenha apenas o Microsoft Edge, está sendo o mais comum atualmente, abra o navegador, copie e cole o link, clique em **Configurações e mais** (os três pontinhos na parte superior direta da tela), e **abrir Internet Explorer**, como na figura abaixo.

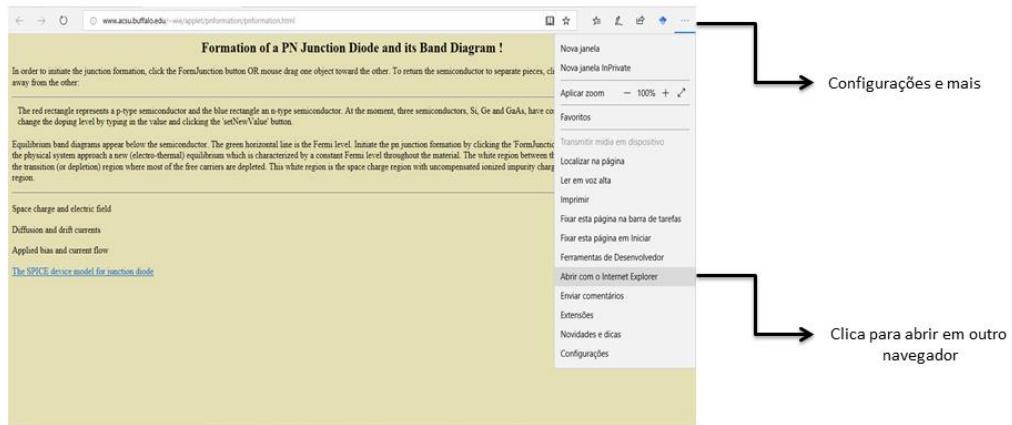


Figura 8-34. Abrindo a internet Explorer a partir do Edge.

2º Passo: Ao clicar em **abrir Internet Explorer**, será redirecionado para a página do navegador. Caso já tenha o Internet Explorer, copie e cole o link disponível. Ao abrir o link, receberemos algo igual a figura a seguir. Lembrando que o Java deve estar instalado no seu computador.

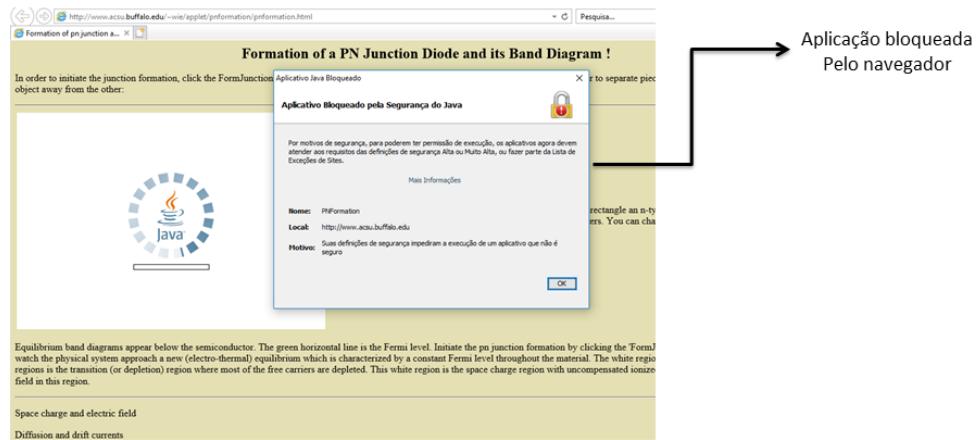


Figura 8-35. Aplicação bloqueada pelo navegador.

3º Passo: Precisamos adicionar o link aos sites confiáveis do navegador. Basta clicar em **Ferramentas (ou usa a combinação CTRL+X)**. Após, selecione a opção **opções de internet**.

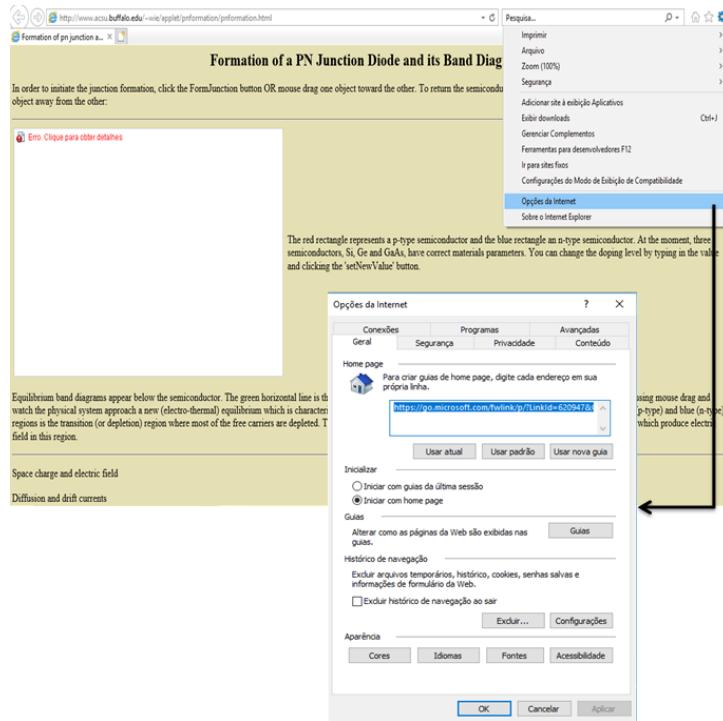


Figura 8-36. Selezionando a opção “opções de internet”

- Selecione a opção **Segurança**, e em seguida **Sites confiáveis**, logo a baixo vai aparecer à opção **Sites**, clicando nesta copie e cole o link disponível, e selecione adicionar.

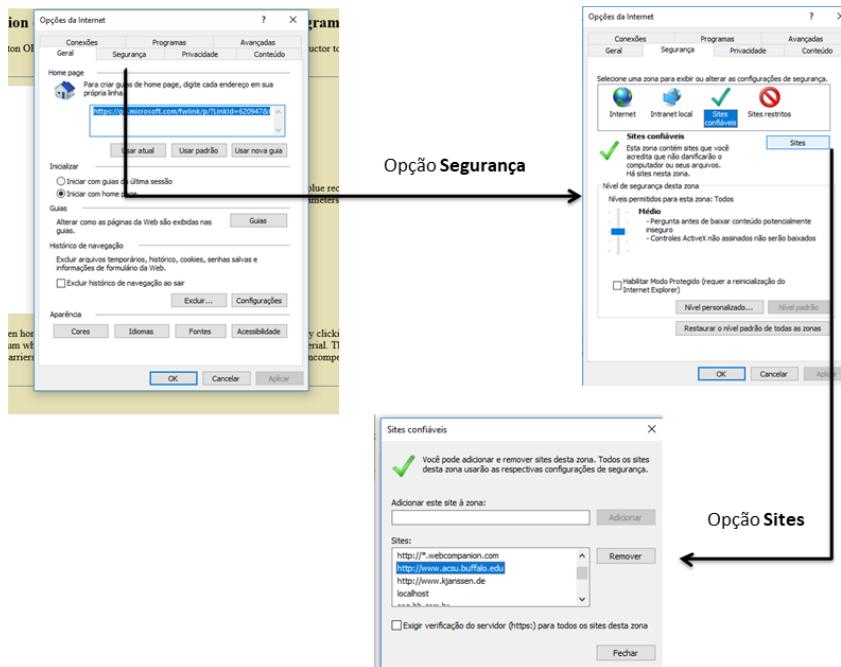


Figura 8-37. Adicionando o link em sites confiáveis.

Volte a página do navegador, e atualize a mesma.

4º Passo: Caso o erro ainda esteja sendo exibido, precisamos fazer o mesmo procedimento nas configurações Java.

- Na barra, no menu iniciar do computador, digite **Configurar Java**.

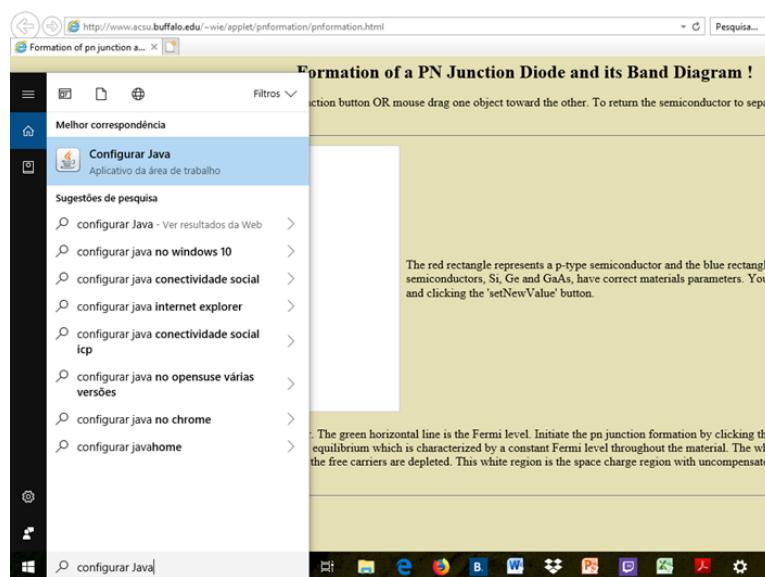


Figura 8-38. Abrindo as configurações Java.

- Na janela do Configurar Java, clique em Segurança e Editar Lista de Sites...

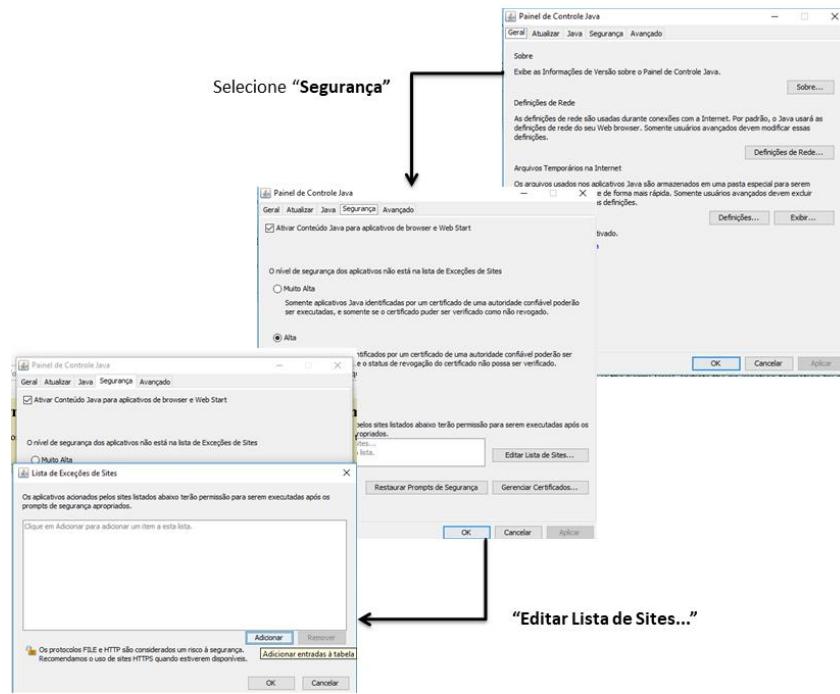


Figura 8-39. Abrindo e selecionando a opção editar lista de sites.

- Selecione a opção **adicionar**, e cole o link desejado no local indicado.

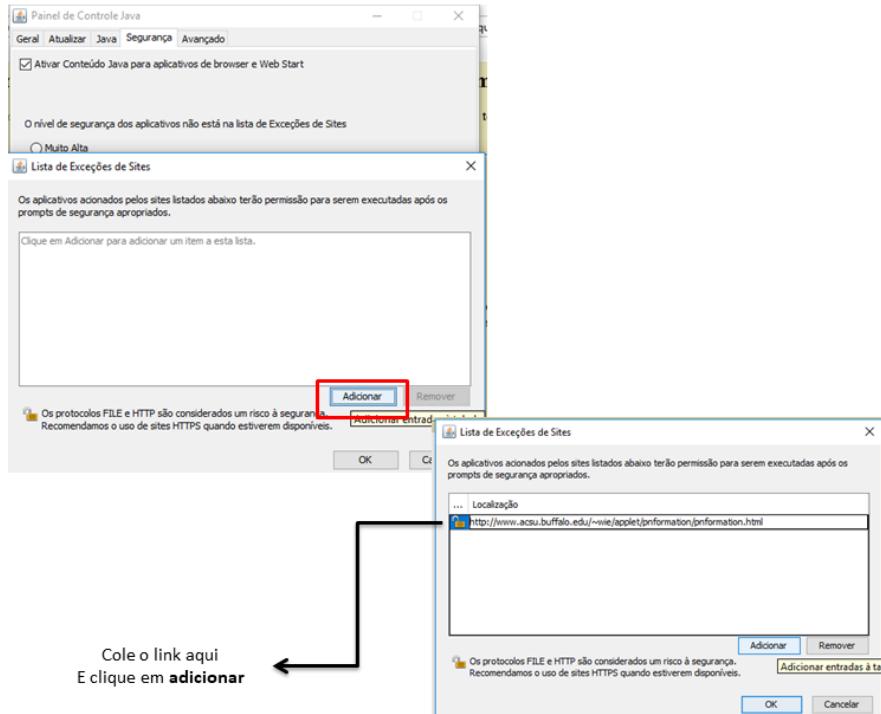


Figura 8-40. Adicionando o link.

- Após clicar novamente no botão **Adicionar**, feche o navegador e abra-o com o link da aplicação.

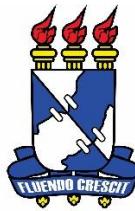
## 8.10. Apêndice J - O Produto



Mestrado Nacional

Profissional em

Ensino de Física



Universidade Federal de Sergipe



SOCIEDADE BRASILEIRA DE

### UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIAS DEPARTAMENTO DE FÍSICA

## **ELABORAÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO PARA INVESTIGAÇÃO DA TENSÃO DE CORTE DO LED.**

### **Guia de Montagem e Utilização**

Este produto é apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física pela Universidade Federal de Sergipe (UFS) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**São Cristóvão**

**Janeiro/2020**

## APRESENTAÇÃO

Este guia tem por finalidade auxiliar na montagem e aplicação do circuito utilizando Arduino Uno, para aquisição automática de dados, e o Algodoor, como ferramenta de aprendizagem digital. Inicialmente discorremos sobre a motivação do desenvolvimento deste produto, bem como traçamos os objetivos pretendidos. No primeiro momento, discutimos sobre o surgimento da física moderna, e como ela foi é importante para o desenvolvimento dos semicondutores. Afim de facilitar o entendimento sobre os componentes utilizados, o texto segue com uma apresentação do Arduino, do IDE e do programa. Ainda nesta parte, são explicadas as linhas de comando utilizadas no programa. Dando seguimento, são apresentados os dispositivos utilizados no circuito, e qual a função de cada um dentro do programa. No passo seguinte são apresentadas as sequencias juntamente com textos motivadores e os processos de montagem.

## Sumário

1	JUSTIFICATIVA.....	4
2	O PRODUTO .....	6
4	A PLACA ARDUINO UNO E O IDE.....	10
4.1	O Sketch utilizado.....	16
5	DISPOSITIVOS UTILIZADOS .....	18
5.1	O diodo emissor de luz .....	18
5.2	Resistores .....	20
5.3	Protoboard.....	22
5.4	Potenciômetro .....	22
6	MONTAGEM DO CIRCUITO UTILIZADO NA PLACA ARDUINO.....	23
6.1	Material Utilizado .....	23
6.2	Passo a passo da montagem .....	25
6.3	O programa .....	32
6.4	Obtendo os dados no monitor serial.....	33
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
8	APÊNDICES.....	39
8.1	Apêndice A – Organizador Prévio.....	39
8.2	Apêndice B – Aula com Demonstração.....	43
8.3	Apêndice C - Construção do modelo mecânico.....	50
8.3.1	Material utilizado .....	50
8.3.2	Baixando o Agodoo .....	50
8.3.3	Criando o lançador (base com a mola) .....	51
8.3.4	Criando a rampa.....	55
8.4	Apêndice D – Tratamento dos dados no Scidavis. .....	58

## 1 JUSTIFICATIVA

O curso de física para o ensino médio deve permitir a construção de conhecimentos necessários para a compreensão do mundo contemporâneo. Sabemos como o desenvolvimento da física influenciou as transformações sociais sofridas, principalmente a partir do século XX, até os dias de hoje. Por exemplo, compreender a importância da física na corrida espacial, daquela época, bem como, nos avanços na tecnologia das informações, no aumento da expectativa de vida das populações ou na percepção dos problemas ambientais, assim, torna-se hoje, prioritário para a construção da cidadania dos jovens.

A física deve ser passada como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos, (PCN+, 2000).

A escola do século XXI deve reduzir a distância entre a ciência e a cultura de base presente no cotidiano e também presente nas suas dependências. Para os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, a Física deve ser compreendida como parte integrante da cultura humana contemporânea, isto pode ser desenvolvido, nas tecnologias e em muitos outros setores. (PCN+, 2002)

Ainda segundo os PCN+ é necessário que haja uma atualização no currículo do EM de forma que o ensino seja contextualizado com a realidade do aluno e promova um novo olhar sobre o impacto das tecnologias nas formas de vida contemporânea, além de introduzir novos elementos para uma discussão consciente da relação entre a ciência e a sociedade. E nessa proposta, podemos trabalhar fazendo com que o aluno entenda, discuta e reflita sobre os conceitos de física moderna, que estão relacionados às várias tecnologias utilizadas no dia-a-dia por ele e por outras pessoas do seu convívio, além de desenvolver competências para, por exemplo, compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática. (PCN+, 2002)

Propomos aqui uma unidade de investigação dividida em dois momentos, um organizador prévio com aplicação do ciclo PODS (Previsão, Observação, Demonstração e Síntese) implementado com o Algodoo, e uma aula com demonstração implementada com o Arduino, para o desenvolvimento da tensão de corte no processo de emissão de luz no LEDs. Como objetivos específicos, queremos promover ao aluno uma aprendizagem conceitual, introdutória, sobre os conceitos;

- Barreira de potencial
- Tensão corte
- Constante de Planck.
- Energia de GAP.

## 2 O PRODUTO

O trabalho aqui apresentado, tem como base teórica a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e os organizadores prévios, bem como as metodologias da aprendizagem ativa, e que possam proporcionar uma vivência. Propomos aqui duas aulas, a primeira se trata de um organizador prévio, com o auxílio do Algadoo, utilizado para desenvolver ou criar os subsunções necessários para ancoragem do conceito objetivado. Na segunda, utilizamos uma aula com demonstração, com auxílio do Arduino.

Na primeira aula, utilizando o ciclo PODS, sugerimos começar um uma breve indagação, por exemplo, *alguém lembra algo sobre conservação de energia?* Sabemos que os organizadores prévios devem ser desenvolvidos de forma rápida, porém isto deve ser de acordo com a realidade de cada sala. Após a introdução, é solicitado que os alunos respondam um questionário, com previsões acerca do que acontecerá no desenvolvimento da demonstração. Após recolher as previsões, seguir com as demonstrações, aplicando o material do Apêndice B. A ideia da demonstração é proporcionar ao aluno um entendimento sobre a energia mínima para que a bolinha fosse lançada acima da rampa. Na síntese, o professor discute os resultados com os alunos. Os resultados podem ser discutidos respondendo ou não, as questões do questionário prévio.

Na segunda aula, é utilizada uma demonstração baseada em um circuito montado no Arduino. O professor deve fazer uma introdução sobre a demonstração, circuito utilizado para ascender um LED, e como acontecerá a aula. Um questionário prévio deve ser aplicado, segue em anexo, para que possamos identificar os conhecimentos antes da demonstração. Esses conhecimentos são importantes para que o professor decida entre fazer a demonstração sem “comentários”, ou não. Após a introdução e aplicação do questionário prévio, o professor deve seguir para a demonstração. Aqui sugerimos que durante a demonstração, o professor comente pontos relevantes dos temas abordados, a exemplo, formação de uma junção PN, semicondutores, processo de emissão de luz no LED. No momento da demonstração, cabe ao professor fazer o elo entre o organizador prévio e a aula com demonstração, para tanto, observe os comentários no capítulo do relato de aplicação. Para concluir, sugerimos que o professor aplique novamente o mesmo questionário e o recolha. Após

recolher os questionários, o professor deve fazer uma síntese, ou seja, um comentário geral, tirando dúvidas, dando exemplos sobre a questão da tensão de corte.

Observações: Sugerimos que as aulas sejam aplicadas em sequência. Para os comentários durante a demonstração, o professor pode usar os textos utilizados aqui, na introdução, como apoio. As demonstrações podem ser feitas pelos alunos, caso haja disponibilidade de material e local.

## 2.1 Semicondutores - Teoria da Bandas

Toda matéria é constituída por átomos, e estes constituídos basicamente por três partículas, os elétrons, prótons e nêutrons. Os prótons e nêutrons constituem o núcleo onde os elétrons se distribuem ao redor ao seu redor em camadas, num total de 7. Podemos diferenciar os elementos encontrados na natureza de acordo com o número de elétrons, prótons e nêutrons, exemplo: Hidrogênio 1 elétron e um próton, hélio 2 elétrons e 2 prótons.

Ao fazer a distribuição dos elétrons em níveis de energia discretos, mesmo para mais de um átomo, é possível distinguir esses níveis de energia, pois essa distribuição obedece à noção de mínima energia e ao princípio da exclusão de Pauli. Quando o número de átomo é muito grande, os níveis de energia ficam bem próximos e se sobrepõem, formando uma faixa de energia. Essas faixas de energia são denominadas bandas de energia, Figura 4-1.



Figura 2-1. Bandas de energia com sobreposição de níveis de energia.  
Disponível em <https://sites.google.com/site/marcioperon/ufscar/pesquisa/semicondutores>, Acesso em 21/04/2020.

Quando se faz a distribuição dos elétrons, os que ficam no último nível são chamados de elétrons de valência, estes por sua vez são responsáveis pelas características químicas dos materiais. A banda de condução poderá apresentar-se totalmente cheia ou vazia, sendo a banda de maior energia. Entre essas bandas existe uma outra chamada de banda proibida (ou GAP), ou simplesmente faixa proibida de energia representada por  $\Delta E_g$ , que representa a diferença entre as energias da banda de condução e a banda de valência.

Levando em consideração a extensão das bandas e o gap de energia, ou seja, da banda proibida, e como elas são preenchidas que podemos classificar os materiais em isolantes, semicondutor ou condutor. Nos isolantes a banda proibida, ou gap de energia, é muito grande e sua banda de valência está totalmente preenchida. Já nos condutores, a banda de valência não está totalmente cheia, assim os elétrons podem ocupar níveis mais energéticos por estarem desocupados. Esta característica ajuda na movimentação livre dos elétrons através do material. Os semicondutores são um caso especiais de isolantes, sendo diferenciados pelo pequeno gap. Neste caso, por possuir um gap bem pequeno, ao receberem pequenas quantidades de energia, os elétrons conseguem saltar para a banda de condução passando a conduzir corrente elétrica.

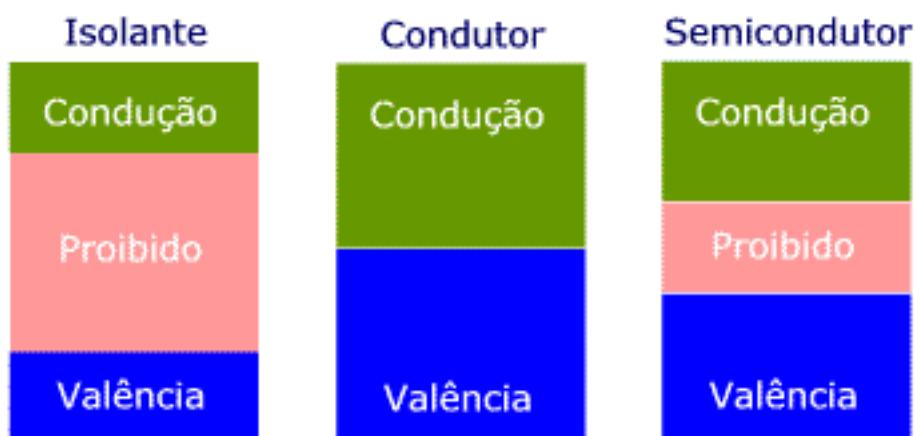


Figura 2-2. Bandas de energia com sobreposição de níveis de energia. Disponível [http://doeplayer.com.br/30656212-Aula-5\\_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html](http://doeplayer.com.br/30656212-Aula-5_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html), Acesso em 28/04/2020.

EISBERG e RESNICK, definem que a zero grau Kelvin em que todos os estados de energia de um semicondutor estão ocupados, a energia do último nível ocupado como energia de Fermi. Acima de zero graus Kelvin, todos os níveis estarão livres. Para os condutores e semicondutores, para temperaturas maiores os elétrons mais externos ocupam níveis acima da energia de Fermi, deixando lacunas, transformando-as em bandas permitidas.

## 2.1.1 Junção PN

Os materiais semicondutores ao serem submetidos a uma diferença de potencial, podem conduzir corrente elétrica. Porém, usualmente essa condutividade elétrica é muito baixa. Para aumentar a condutividade elétrica do material semicondutor podemos fazer dopagens nestes materiais. Os semicondutores intrínsecos, ou seja, os semicondutores cuja a densidade de portadores de carga positiva e negativas são iguais, podem ser transformados em semicondutores extrínsecos do tipo p, Figura 4-3, quando dopados com elementos químicos como químicos como: boro, gálio, ou semicondutores extrínsecos do tipo n quando dopados por elementos como fosforo e Figura 4-3.

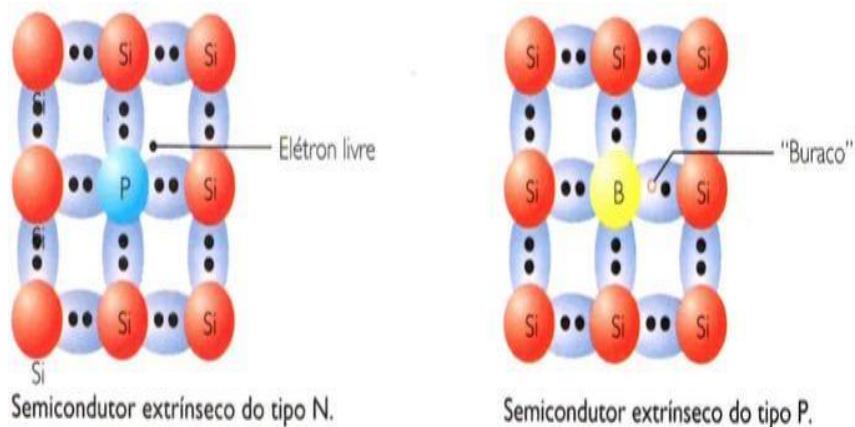


Figura 2-3. Semicondutores do tipo N e tipo P. Disponível em <https://www.coladaweb.com/fisica/electricidade/semitoadores>, Acesso em 20/11/2019.

Na formação do semicondutor tipo n, os elementos fosforo e arsênicos são adicionados ao silício pois possuem cinco elétrons em sua camada de valência. Este fato favorece as ligações covalentes entre quatro dos cinco elétrons, deixando um livre, para transportar corrente elétrica.

Quando o boro ou o gálio são adicionados ao silício, por exemplo, podemos formar semicondutores do tipo p, pois estes elementos possuem três elétrons na camada de valência. Este fato favorece a criação de “lacunas”, ou falta de elétrons no material, que podem conduzir corrente elétrica.

Semicondutores tipo n, que possuem impurezas doadoras tem energia de Fermi próximo a banda de condução, pois há mais elétrons na banda de condução do que buracos na banda de valência. Nesta situação, a energia de Fermi estará acima da metade da banda proibida. No caso dos semicondutores do tipo p, que possuem impurezas aceitadoras, tem energia de Fermi abaixo do meio da banda proibida, isso

significa que estes semicondutores tem menos elétrons na banda de condução do que buracos na camada de valência.

Quando juntamos dois materiais semicondutores, tipo p e n, formamos um diodo semicondutor de junção, Figura 4-4, onde há uma reorganização dos elétrons dentro da junção, formando uma zona de depleção ou barreira de potencial. Essa barreira cria um campo elétrico interno que impede que os elétrons livres do lado n passem para o lado p para promover a recombinação dos elétrons. Para que haja a passagem de corrente elétrica pela junção, devemos fornecer uma tensão mínima ou campo elétrico mínimo necessário para superar o campo elétrico interno criado na junção pn. A magnitude do campo elétrico interno depende das propriedades dos materiais que compõe a junção. Esta tensão necessária para fazer com que a junção pn conduza corrente elétrica está associada a energia da banda proibida também conhecida como energia de bandgap. Para fornecer essa tensão, devemos polarizar a junção de forma “direta”, **Apêndice E**. Quando polarizada diretamente, os elétrons passam de um lado a outro da junção, permitindo a passagem de corrente elétrica e emitindo luz, processo conhecido como eletroluminescência.

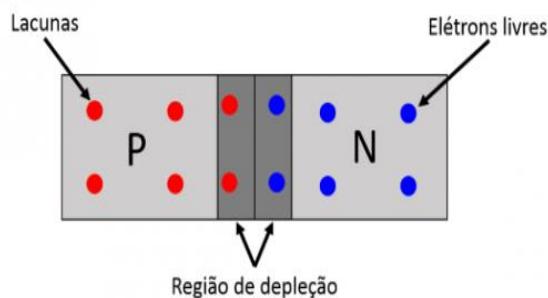


Figura 2-4. Junção PN. Disponível em <https://www.ufrgs.br/enfitecjunior/2018/04/19/diodo-emissor-de-luz-led/>. Acesso 20/11/2019.

O semicondutor foi descoberto por Braun em 1874, entre os anos de 1878 e 1879 os estudos acerca deste efeito foram iniciados por David E. Hughes.

O desenvolvimento da mecânica quântica permitiu o avanço no entendimento dos semicondutores. Começando por Maximillian Strutt, resolvendo a equação de Schrödinger para um potencial periódico em 1928, chegando em 1931 com Wilson, publicando seus trabalhos sobre a teoria dos sólidos baseados em bandas cheias e vazias, sendo assim, considerado o pai da teoria das bandas.

Tudo, em termos de tecnologia, que temos hoje é baseada no desenvolvimento dos semicondutores. Para se ter noção do quanto o estudo dos semicondutores foi importe, uma das maiores criações do século XX é o transistor, desenvolvido através de semicondutores. Apesar de ter sido criado em 1947, apenas se popularizou a partir da década de 50, sendo o principal responsável pela revolução eletrônica da década de 60.

### 3 A PLACA ARDUINO UNO E O IDE

Plataforma simples, baseada em software e hardware livres, com microprocessador de código aberto da indústria ATMEL. Basicamente a placa é constituída por entradas e saídas de comandos conectadas a um microprocessador AVR, que podem ser programadas para funções básicas, como controles de LEDs, máquinas, automações em geral. Além disso, a placa conta com um cristal, que funciona como oscilador, um relógio que envia pulsos de tempo em uma frequência especificada. (McRoberts, 2011)

A placa Arduino UNO se diferencia das demais pois possui uma saída da serial da placa para USB. Além de conferir a placa uma atualização do seu firmware, que possibilita a placa ser identificada pelo computador como qualquer outro dispositivo.



Figura 3-1. Placa Arduino UNO. Disponível em <https://tamilarduino.blogspot.com/2017/03/arduino-cnc-router-using-grbl-v3-shield.html>. Acesso em 17/01/2019.

A placa possui alguns pinos, os pinos 3, 5, 6, 9, 10, e 11, na figura acima, são usados como saídas para modulação de pulsos de 8 bits. Os pinos 0 e 1, figura acima,

são usados para comunicação serial com o computador quanto para recepção e transmissão. A placa conta com 6 pinos, os pinos *analog in*, A0, A1, A2, A3, A4 e A5, figura acima, que são usados para medir tensão. Cada um destes pinos quando recebem um sinal de 5V, retomam um sinal digital igual 1023. (BANDEIRA, 2017)

A placa Arduino pode ser alimentada por uma fonte externa, entre 6V a 20V, sendo recomendada uma tensão entre 7V e 12V, essa opção deve ser feita através do *VIN pino*, a partir do conector Jack. A placa também pode ser alimentada direto do computador, utilizando apenas um cabo USB. A placa foi desenvolvida para aportar vários Shields (modelos externos, tipo placa de Bluetooth, sensores diversos, etc.). Como cada *Shield* tem uma tensão mínima de funcionamento, a placa possui uma opção, o pino *IOREF*, que ajuda ao *Shield* selecionar sua tensão mínima para funcionamento. Caso o programa (*Sketch*) parar de funcionar, ou seja, interrompido por algum motivo, o botão *RESET* na placa fará com que a placa volte a rodar o programa desde o início, sem danos algum a placa, nem ao programa em si. O *GND*, pino de referência, é utilizado para zero volt. (MONK, 2013).

Para usar a placa Arduino, você precisa ter disponível o IDE (AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO). Acesse a página do Arduino <https://www.arduino.cc/>.

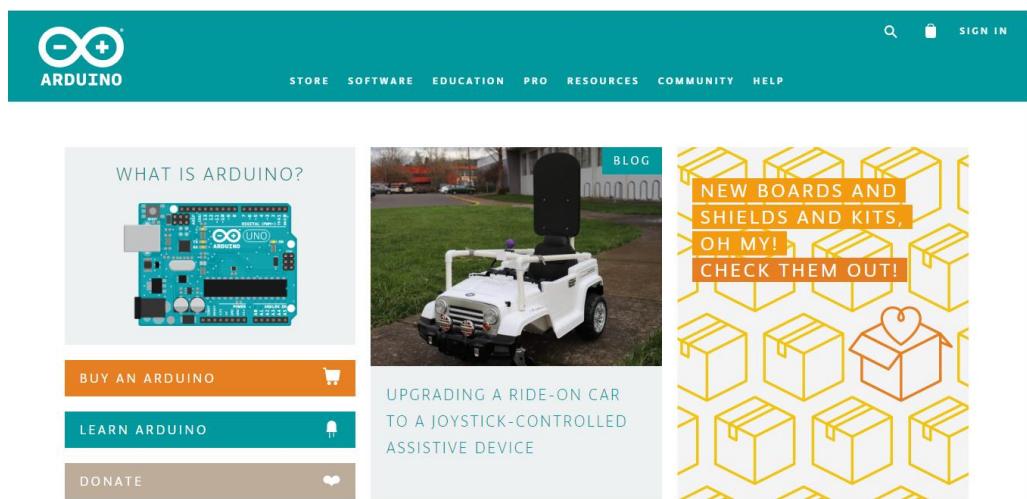


Figura 3-2. : Página inicial do site <https://www.arduino.cc/>. Fonte própria.

Selecione a opção *softwares*, em seguida download, como mostra a figura abaixo.

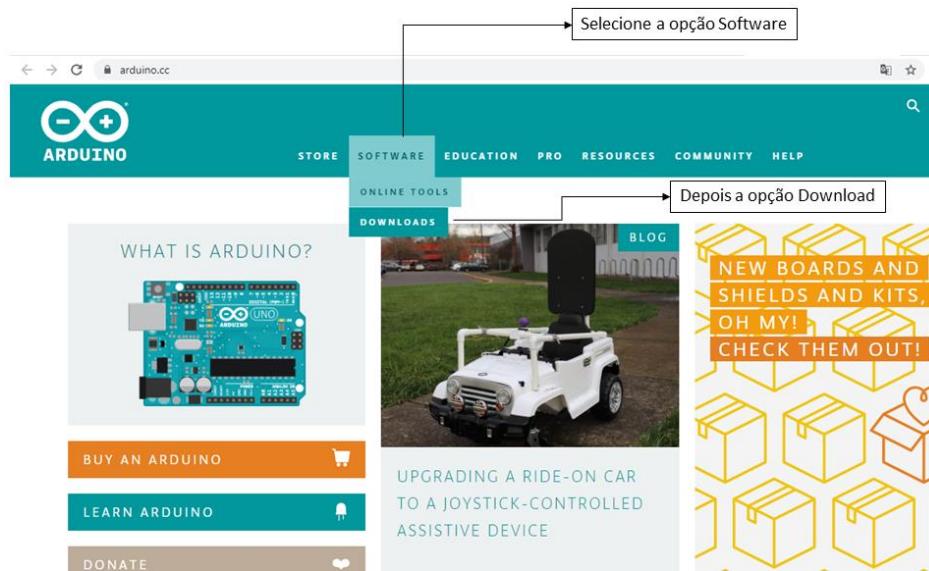


Figura 3-3. Baixando o IDE. Fonte própria.

Após clicar em download, selecione o programa operacional do seu computador/notebook.

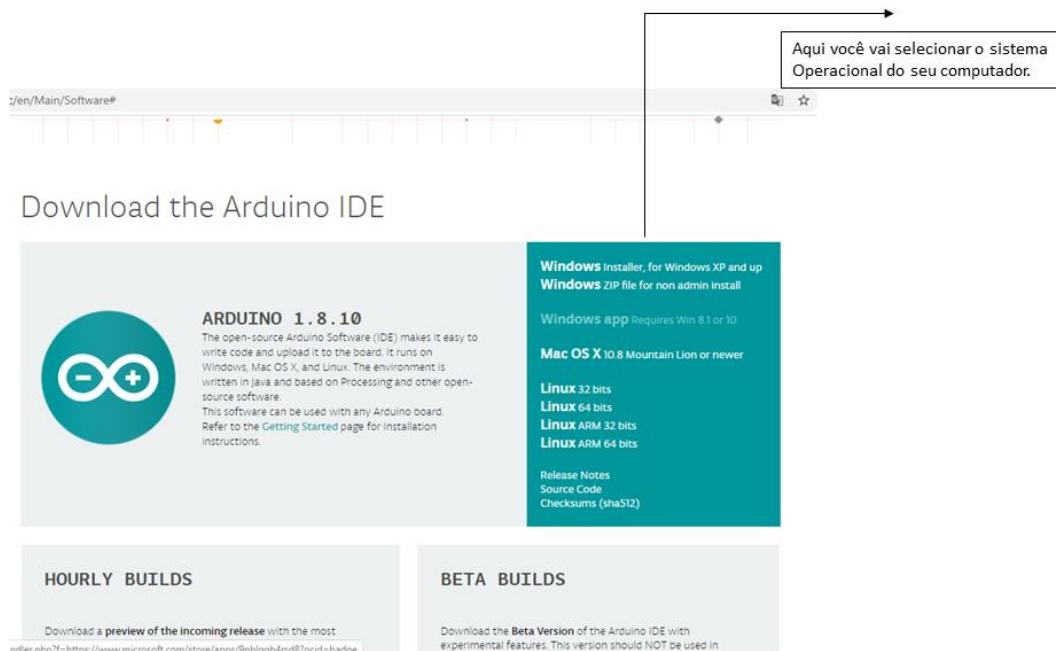


Figura 3-4. Selezionando a opção do programa operacional. Fonte própria.

Selecionado seu programa operacional, você será encaminhado para a página de contribuição. Nesta página, você optara por contribuir para manter o programa aberto a todos. Caso não queira, clica na opção *Just Download*.



Figura 3-5. Optando por não contribuição. Fonte própria.

Selecionada a opção acima, o site vai ser direcionado a página de download. Feito o download, instale o programa seguindo todas as sugestões do próprio instalado. Após instalado execute-o.

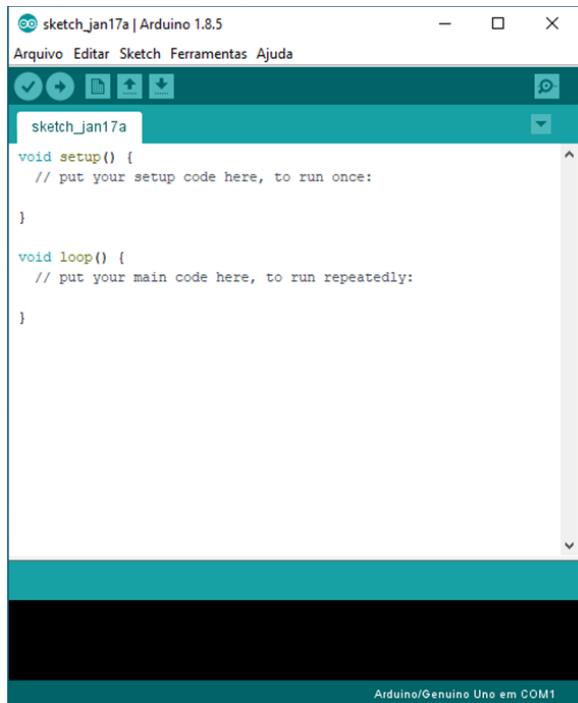
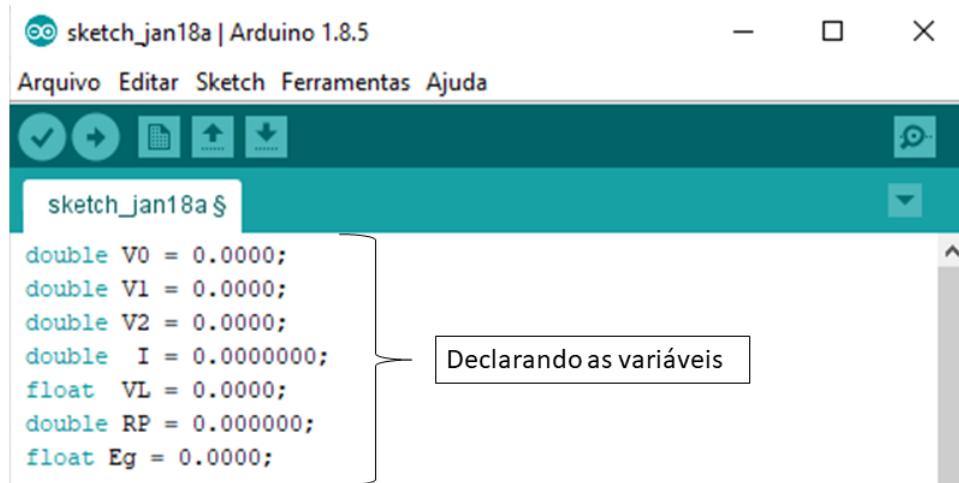


Figura 3-6. Tela inicial do IDE do Arduino. Fonte própria.

### 3.1 O Programa utilizado

O Arduino utiliza uma linguagem de programação conhecida como C++. Esta linguagem é utilizada para comunicação entre o computador e a placa Arduino. Para programar o Arduino, precisamos dar alguns comandos, escrever linhas de comando no IDE, e depois transferir estes comandos para o chip da placa. Ao conjunto de linhas de comando damos o nome de programa. Vamos analisar as linhas presentes no programa disponível no **Apêndice C**.

A primeira parte do programa é utilizada para declarar as variáveis que iremos usar ao longo da programação.



```

sketch_jan18a §

double V0 = 0.0000;
double V1 = 0.0000;
double V2 = 0.0000;
double I = 0.0000000;
float VL = 0.0000;
double RP = 0.000000;
float Eg = 0.0000;

```

Figura 3-7. Declarando variáveis. Fonte própria.

Como pode-se observar declaramos várias variáveis com tipos diferentes. Isso é importante pois nos diz o tipo e o tamanho da informação que iremos armazenar nas variáveis. Além disso, atribuímos um valor a cada variável, por exemplo, na variável VL atribuímos o valor 0.0000. O número de casas depois do ponto é utilizado para garantir uma maior precisão, pois as medidas são pequenas. Tipos de dados:

- boolean: valor verdadeiro (true) ou falso (false)
- char: um caractere
- byte: um byte, ou sequência de 8 bits
- int: número inteiro de 16 bits com sinal (-32768 a 32767)
- unsigned int: número inteiro de 16 bits sem sinal (0 a 65535)
- long: número inteiro de 16 bits com sinal (-2147483648 a 2147483647)
- unsigned long: número inteiro de 16 bits sem sinal (0 a 4294967295)
- float: número real de precisão simples (ponto flutuante)
- double: número real de precisão dupla (ponto flutuante)
- string: sequência de caracteres
- void: tipo vazio (não tem tipo)

(BANDEIRA, 2017)

No programa são utilizadas duas funções, **void setup** e a **void loop**, como mostra a figura abaixo.

```
void setup() { ←  
Serial.begin(9600);  
Serial.flush();  
}  
  
void loop() { ←  
V0 = analogRead(A0)*5.0000/1023.000;//tensao entre potenciometro  
V1 = analogRead(A1)*5.0000/1023.000;//tensao entre resistor e I  
V2 = analogRead(A2)*5.0000/1023.000;//tensao aplicada no circuito  
VL = V2 - V1;//tensao no LED  
I = (VL - V0)/200.000/1000.0000 //calculo da intensidade do LED  
analogWrite(9, I);  
}
```

Figura 3-8. Funções utilizadas no Sketch. Fonte própria.

A função **void setup**, é utilizada para que possamos declarar outras funções importantes do programa. No sketch do **Apêndice C**, utilizamos a função **Serial.begin(9600)**, utilizada para iniciar todas funções seriais existentes no programa a uma taxa de 9600 pulsos por segundos. A função **Serial.flush ()**, é utilizada para limpar os dados da memória do Arduino logo após um ciclo do **void loop**.

Na função **void loop**, inserimos as funções principais do programa. Esta função vai ser repetida continuamente até ser interrompida pelo reset ou corte de energia na placa.

Como o objetivo do trabalho é o desenvolvimento da sequência, optaremos por não desenvolver todo o programa, já que o mesmo basicamente vai ler a corrente e tensão que chegará no LED e retornar as mesmas na tela do IDE.

## 4 DISPOSITIVOS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento da aula com demonstração utilizamos alguns dispositivos: Diodos emissores de luz, resistores uma protoboard, e potenciômetro.

## 4.1 O diodo emissor de luz

Um dos diodos mais utilizados atualmente, e mais conhecido, é o Diodo Emissor de Luz (LED). Formado por dois materiais semicondutores em sua junção PN, emite luz quando submetido a uma determinada tensão. Mas como isso ocorre? Ao submeter a

junção PN a uma tensão, fornecemos energia suficiente aos elétrons do lado N, Figura 6, para que possam vencer a barreira de potencial, se aproximando a fronteira da junção. No momento em que ocorre a recombinação dos elétrons com as “lacunas” do lado P, há a emissão de radiação de energia que é igual ao GAP de energia, ou a largura da banda proibida. Em outras palavras, elétrons da banda de condução se recombinam com as lacunas da banda de valência, emitindo energia que pode ser determinada, também, pela diferença dessas duas bandas ( $\Delta Eg$ ). (CAVALCANTE, TAVOLARO, HAAG, 2005)

A emissão de energia em forma de radiação, apenas, é característica de uma junção de arseniato e gálio. No caso do silício e germânio a emissão é percebida em forma de vibração do reticuló cristalino. Na emissão de fótons, podemos determinar o comprimento dos mesmos através da equação 4.

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = E_{GAP} + \Delta F_F \quad \text{Equação (4.1)}$$

Segundo (HALLIDAY e RESNICK, 2009), só dopar o material não é necessário para que possamos ter um grande número de recombinações, é necessário que o LED seja conectado diretamente, Apêndice E, para que isso possibilite o estreitamento da barreira de potencial, facilitando as recombinações. Para que os elétrons comecem a se reorganizar, precisamos fornecer uma energia mínima ou tensão mínima. Essa energia é proporcional à largura da banda proibida, e pode ser determinada da seguinte maneira.

$$eV = E_{GAP} + \Delta F_F \quad \text{Equação (4.2)}$$

Para uma intensidade máxima de frequência emitida, podemos ter uma relação entre a tensão mínima e a energia de um fóton emitido. (HALLIDAY e RESNICK, 2009)

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = eV_o \quad \text{Equação (4.3)}$$

Geralmente encapsulado com material fosco, mas sua forma mais eficiente é com material transparente, Figura 7. O LED é uma das formas mais eficientes de

produzir luz, pois não produz muito calor e seu tempo de vida é bastante elevado. Os LEDs funcionam com baixas tensões, dependendo do material semicondutor utilizado na construção da junção PN, que variam entre 1,6 V a 4 V.



Figura 4-1. Tipos de LED's encapsulados e de alto brilho. Disponível em <https://troniquices.wordpress.com/2007/10/24/como-acender-um-led/>. Acesso 15/12/2019.

Para determinar qual dos terminais é o cátodo no LED, basta identificar a “perninha” mais longa, *Figura 4-1*, e no caso de não haver esta “perninha” considerar a aba cortada ou a parte seccionada do encapsulamento.

A aplicação mais simples dos diodos emissores de luz é em aparelhos eletrônicos para verificação de estado ON/OFF. Em aplicações mais avançadas, temos TVs, que utilizam LEDs RGB, semáforos, painéis de publicidade, etc.

## 4.2 Resistores

Dispositivo utilizado para limitar corrente elétrica em determinados pontos de um circuito. Como o circuito utilizado aqui neste trabalho utiliza LED, **Figura 1.3.2.1**, precisamos conectá-lo em série com um resistor, afim de limitar a corrente que passa pelo mesmo, prevenindo possíveis danos ao dispositivo.

Geralmente o resistor é representado como uma linha em zigue zague, de acordo com o padrão norte-americano.



Figura 4-2. Representação de um resistor. Fonte própria.

Para determinar o valor da resistência, sem o auxílio de um multímetro, utilizamos o sistema de cores. Como os resistores possuem listas ordenadas, fica possível determinar a resistência apenas observando a tabelinha disponível na internet.

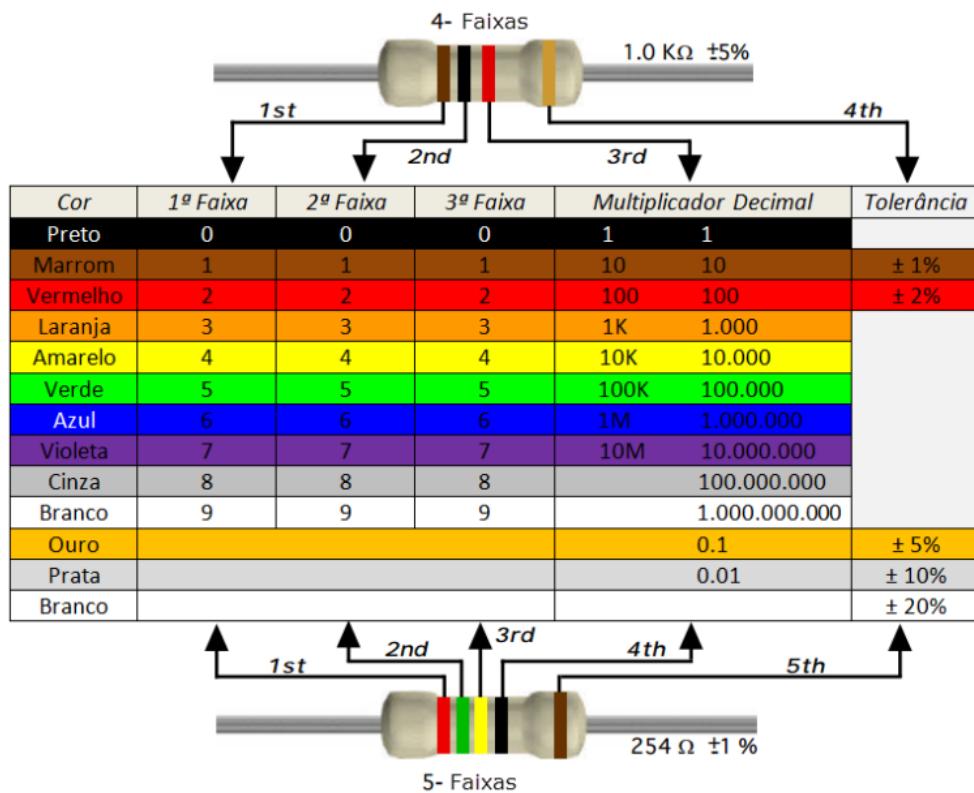


Figura 4-3. Cores de um resistor e como determinar a resistência através das mesmas. Disponível em <https://athoselectronics.com/resistor/>, acesso em 20/01/2020.

Os resistores mais comuns possuem apenas 5 ou 4 faixas. No exemplo acima, podemos observar que a leitura é feita da esquerda para a direita. Caso o resistor tenha apenas 4 faixas, lê-se as primeiras duas, no caso de uma 5 faixas, lê-se até a terceira. A terceira faixa, num resistor de 4 faixas, é o multiplicador dos números que representam as duas primeiras faixas. A última faixa, independente se o resistor tem 4 ou 5 faixas, sempre vai representar a tolerância ou a margem de erro no valor da resistência. [Cores-Athos, 2019]

### 4.3 Protoboard

Utilizada para montagens de circuitos experimentais, uma protoboard, também conhecida com placa de ensaio, possui furos ou orifícios para conexões. Os furos da placa garantem uma conexão dos componentes de um circuito, sem a necessidade de solda. Geralmente as placas possuem de 800 a 6000 mil furos. A única desvantagem da placa, está na possibilidade de mau-contato entre os furos.

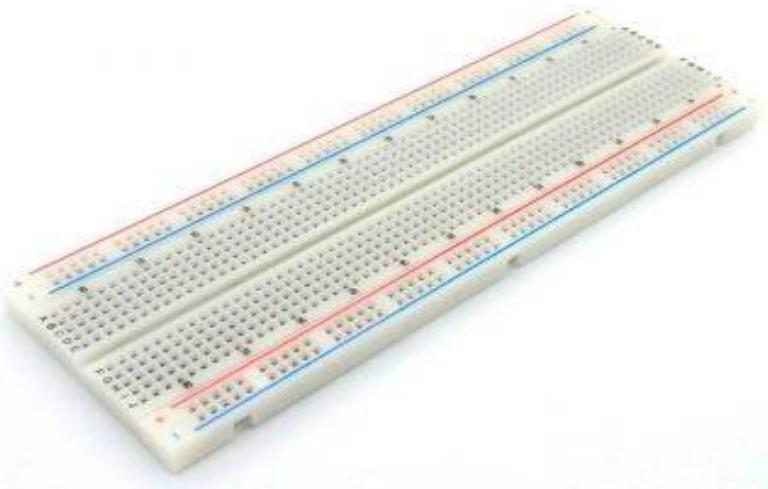


Figura 4-4. Protoboard. Disponível em <https://athoselectronics.com/protoboard-simulador-online/>, acesso em 20/01/2020.

A protoboard possui linhas horizontais e verticais. As linhas horizontais, as linhas do meio da protoboard, são as menores e utilizadas para montar os circuitos elétricos. As linhas verticais, as linhas maiores, que ficam nas laterais da placa, são utilizadas nas conexões da fonte.

### 4.4 Potenciômetro

O potenciômetro é um dispositivo que possui resistência variável. Ele cria uma limitação no circuito, especificamente no fluxo da corrente elétrica. Esta limitação pode ser ajustada, aumentando-a ou diminuindo-a. Geralmente são utilizados em volumes de diversos aparelhos, controles de brilho e contraste, etc.



Figura 4-5. Potenciômetro. Disponível em <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79547655>, acesso em 20/01/2020.

Tomaremos como exemplo um potenciômetro com resistência de  $10\text{ K}\Omega$ , para verificarmos suas possíveis conexões.



Figura 4-6. : Ligações de um potenciômetro. Disponível em <http://www.comofazerascoisas.com.br/potenciometro-o-que-e-para-que-serve-e-como-funciona.html> , acesso em 20/01/2020.

No potenciômetro 1, tomando os terminais 1, 2 e 3 da esquerda para a direita, os terminais 1 e 2 estão ligados, logo sua resistência irá varia de 0 a  $10\text{ K}\Omega$ . Sua resistência aumenta girando-o para a direita, e diminui girando-o para a esquerda. No potenciômetro 2, os terminais 2 e 3 estão conectados, logo a resistência também irá variar de 0 a  $10\text{ K}\Omega$ . A resistência poderá ser alterada girando-o para a esquerda, aumentando-a, e para a direita, diminuindo-a. Na terceira situação 3, a resistência será sempre  $10\text{ K}\Omega$ , independente se girar o potenciômetro para a direita e para a esquerda.

## 5 MONTAGEM DO CIRCUITO UTILIZADO NA PLACA ARDUINO

### 5.1 Material Utilizado

- Arduino UNO;

- 1 LED. Sempre dê preferência a LEDs com encapsulamento transparente.
  - Resistores. O valor depende do da cor do LED a ser utilizado, **Apêndice F**
  - Potenciômetro de  $10K\Omega$ , ou com valor maior;
  - Fios jumper;
  - 1 Protoboard

Para montar o circuito que será utilizado na aula com demonstração, utilize o esquema abaixo montado com o programa fritzing.

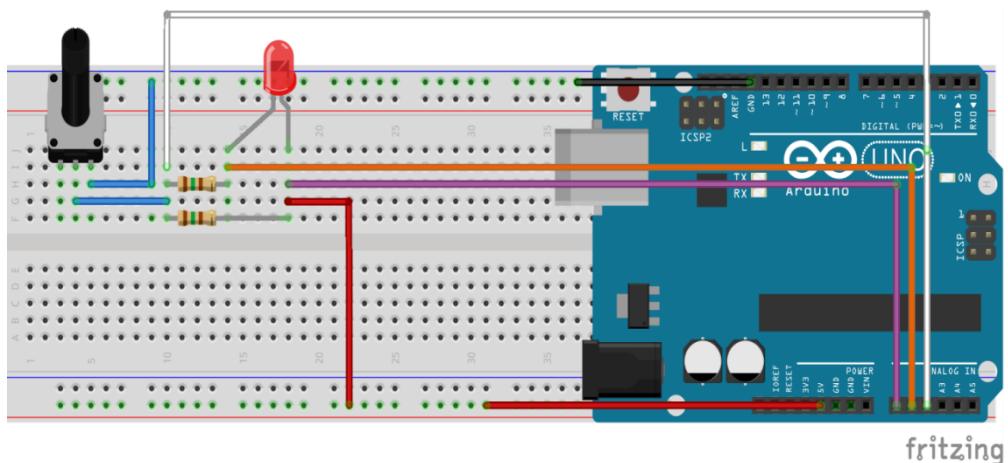


Figura 5-1. Esquema para montagem do circuito. Próprio autor.

O circuito acima, é composto por dois resistores, um potenciômetro, um LED e a placa Arduino, de acordo com a **Figura 6.4.1.2**.

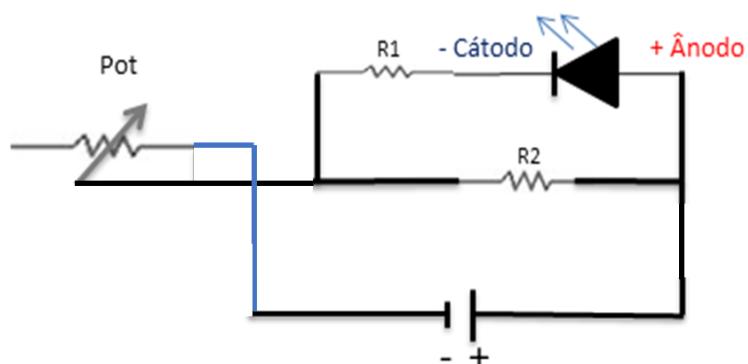


Figura 5-2. Representação do circuito utilizado. Próprio autor.

O resistor R1 é utilizado como limitador de tensão, vinde **Anexo 5**, onde seu valor depende da cor de LED utilizado, e do tipo também.

Como em todo circuito, pode haver correntes de fuga, o R2 é utilizado para impedir essas correntes de fuga. O valor do R2 sempre será maior que o valor de R1.

A tensão fornecida ao circuito será a do Arduino, ou seja, 5v. O potenciômetro foi conectado para que ele percorra um intervalo de 0 à 5v, ou dependendo do potenciômetro que esteja a sua disposição, de acordo com a tensão fornecida ao circuito.

**Observação:** Tome cuidado ao conectar o LED, siga o **Apêndice E**. Se observarmos o circuito, estamos utilizando as portas **A0**, **A1** e **A2**. A porta **A1** é utilizada para receber os valores de tensão entre o resistor e o LED, a porta **A2** é utilizada para receber os valores referentes a tensão total aplicada ao circuito, e a porta **A0** é utilizada para receber os dados da tensão entre o resistor e o potenciômetro. No circuito, dividimos os valores recebidos nas portas por 1023, este fato acontece porque os valores são recebidos em bits, logo, esta operação os transformam.

## 5.2 Passo a passo da montagem

Conecte o potenciômetro na placa, Figura 5-3, sem se preocupar com o lado do pino.

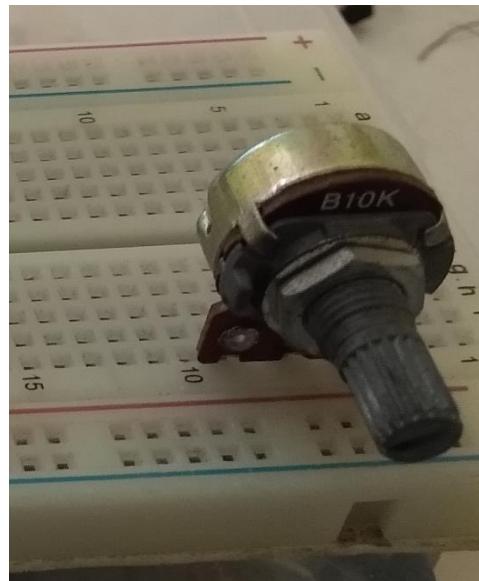


Figura 5-3. Conectando o potenciômetro na placa.

Escola um lugar próximo ao potenciômetro para conectar o LED de sua escolha. Deixe o lado do negativo voltado para o lado do potenciômetro, isto facilitará a montagem. Lembre-se, a parte cortada no encapsulamento representa o polo negativo.

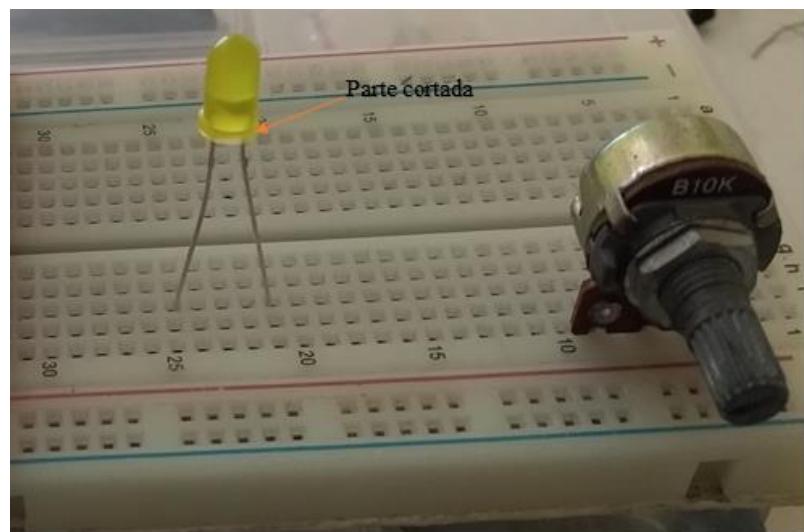


Figura 5-4. Conectando o LED ao lado do potenciômetro.

A conexão dos resistores é bem simples já que os mesmos não possuem polos. Um resistor precisa estar em série com o LED.

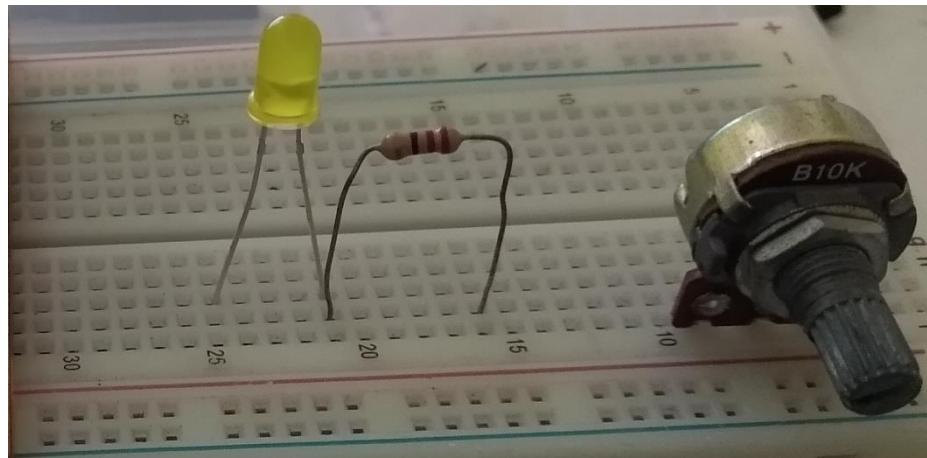


Figura 5-5. Um resistor em série com o LED.

Esse mesmo resistor também vai estar em série com o conector do meio do potenciômetro, por isso conecte um jumper do resistor ao conector do meio do potenciômetro, Figura 5-6.

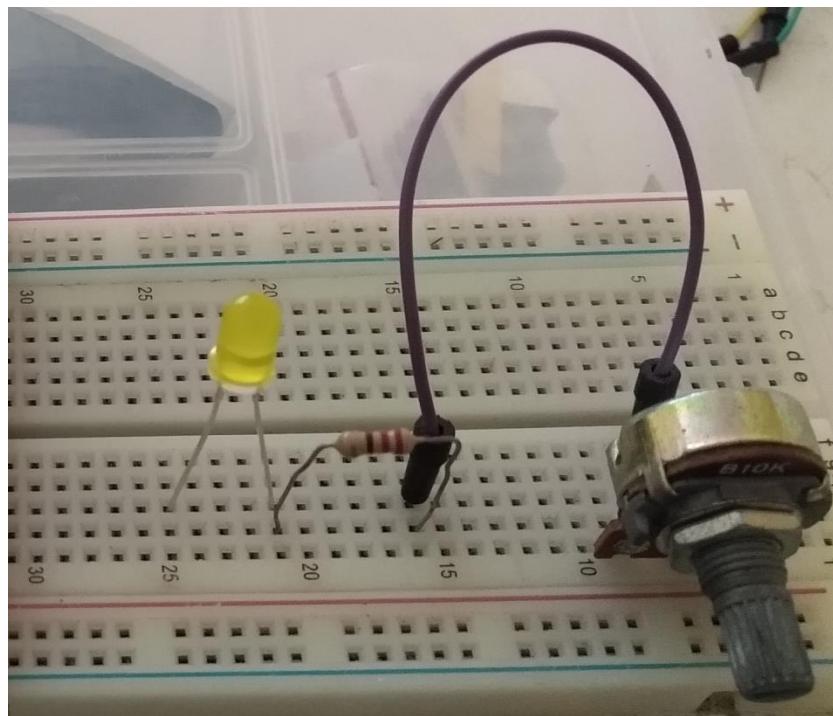


Figura 5-6. Um resistor em série com o LED e como o potenciômetro.

O outro resistor deve ser conectado em paralelo com o primeiro resistor e o LED,

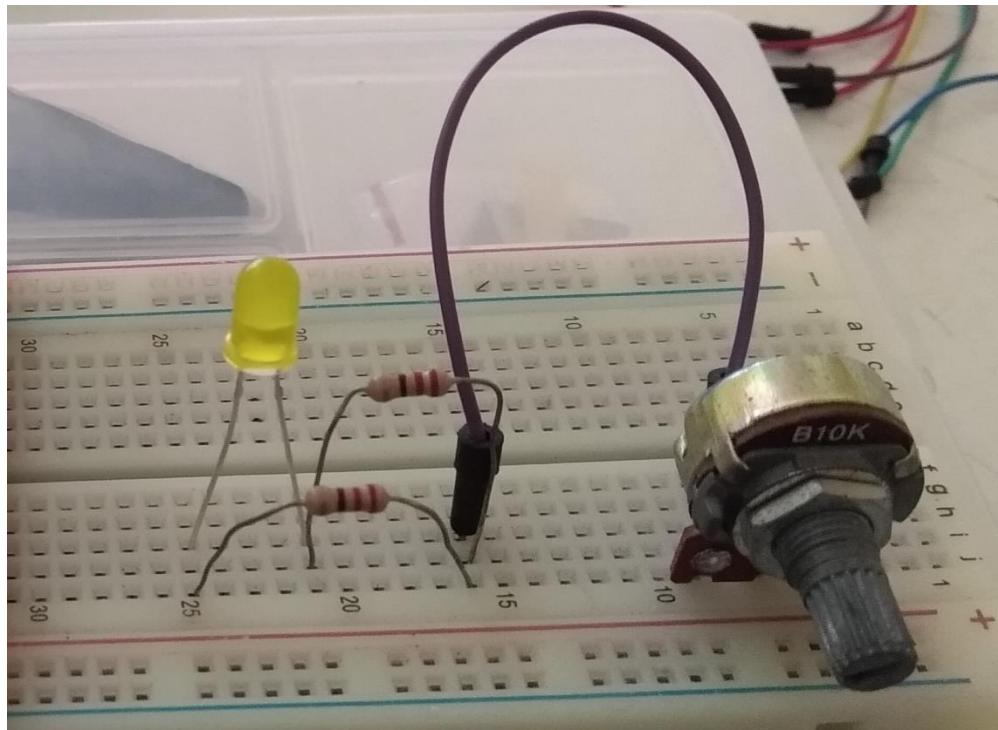


Figura 5-7. Segundo resistor em paralelo com o resistor 1 + LED.

O próximo passo é conectar uma das pontas do potenciômetro na saída do GND do Arduino, fio roxo. Utilizaremos as linhas com conexão na horizontal, que ficam nas bordas da placa.

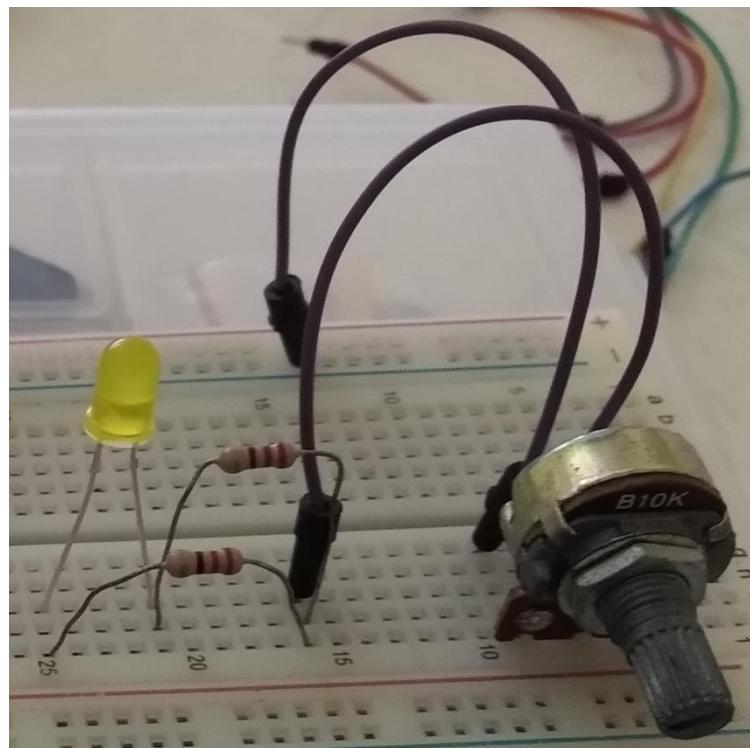


Figura 5-8. Conexão do GND.

O polo positivo, 5v fornecido pela placa, deve ser conectado do lado em que o LED não é “cortado”, na figura abaixo utilizamos o fio vermelho.

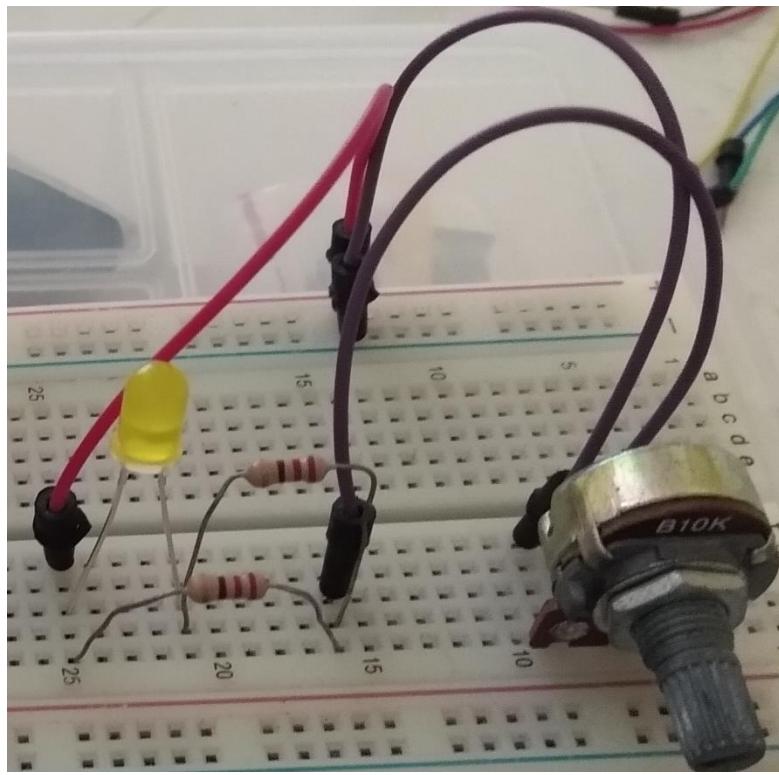


Figura 5-9. Conexão do positivo.

Antes de fornecer tensão ao circuito, precisamos conectar as portas nos pontos para obter os valores de tensão e corrente que necessitamos. No exemplo abaixo usamos os jumpers azul para a porta A0, o verde para a porta A1 e o amarelo para a porta A2.

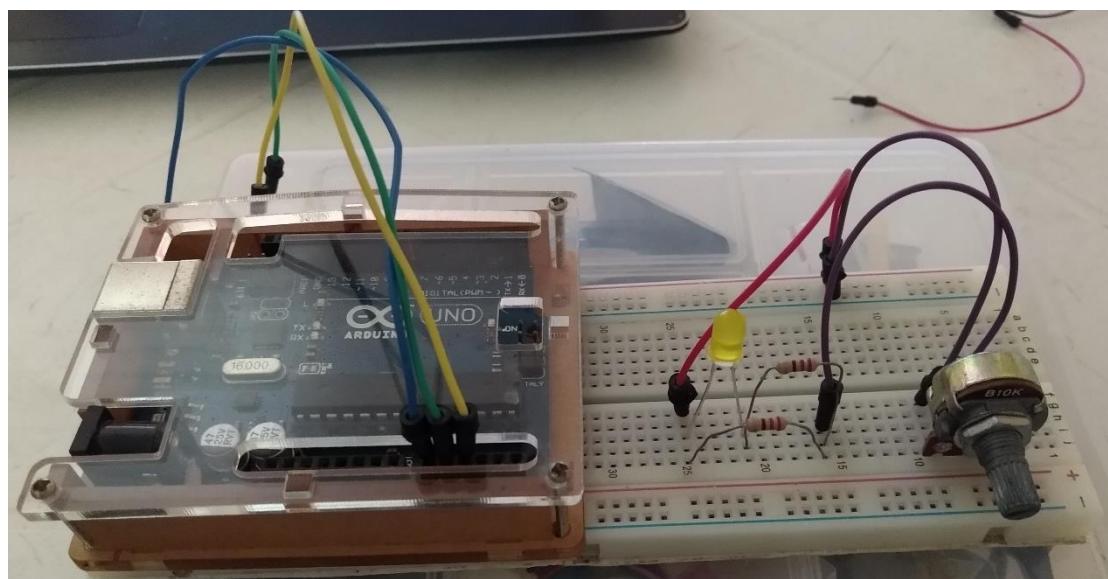


Figura 5-10. Conexão das portas.

A primeira porta, com jumper azul da porta A0, fica na perninha do lado positivo do LED.

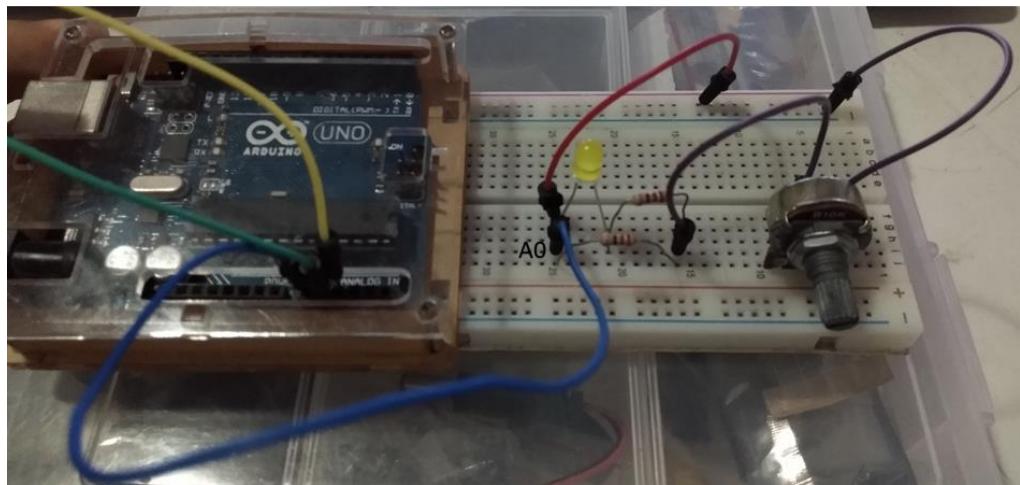


Figura 5-11. Conexão da porta A0.

A segunda porta, com jumper verde na porta A1, deve ser conectado entre o resistor em série e a perninha do negativo do LED.

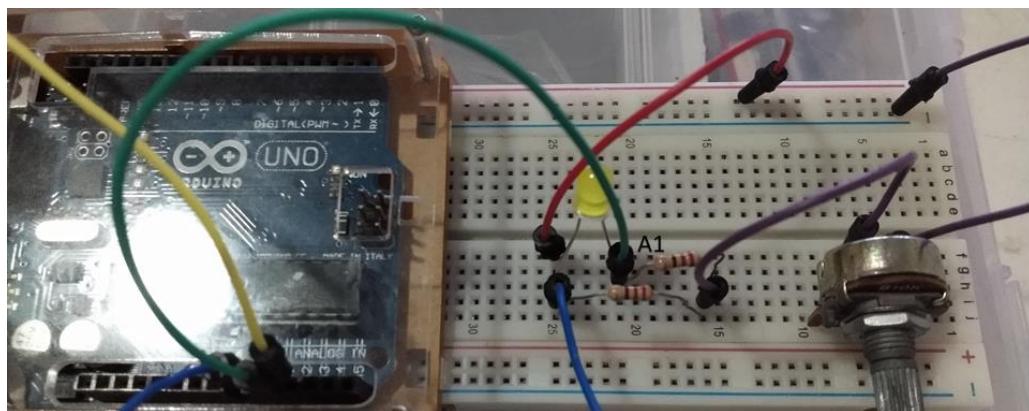


Figura 5-12. Conexão da porta A1.

Por fim, para conectar a porta A2, plugue o jumper entre o resistor em série com o LED e o potenciômetro.

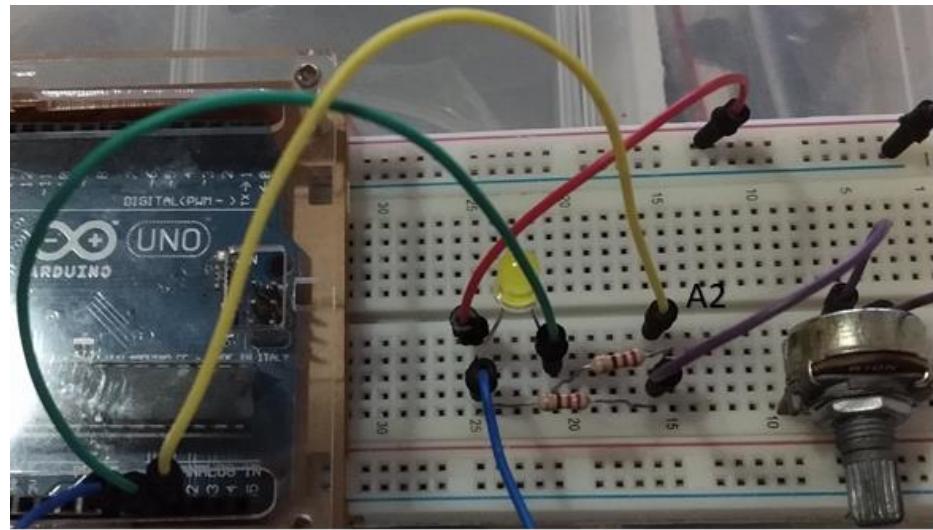


Figura 5-13. Conexão da porta A2.

Com o circuito montado, conecte um jumper no 5v da placa à linha vermelha da protoboard. De maneira análoga, conecte um jumper do GND à linha azul da protoboard. Ao final teremos algo como a figura a baixo.

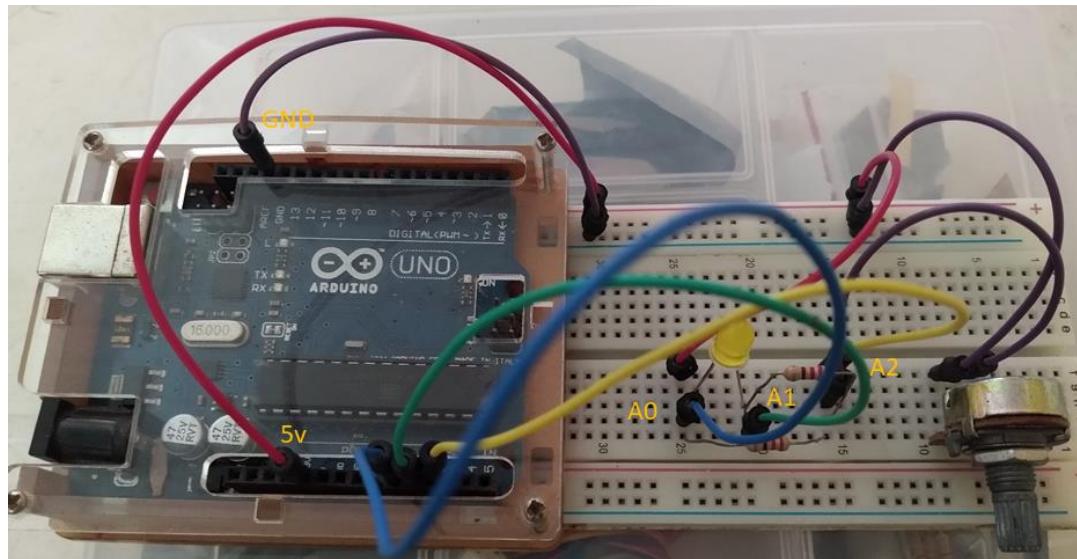


Figura 5-14. Circuito montado.

Não precisa se preocupar com a conexão do potenciômetro, se vai ser da ponta esquerda-centro, ou da ponta direita-centro, de uma à outra forma só muda o lado em que aumenta e diminui a resistência.

### 5.3 O programa

Com este programa pretende-se ler a tensão no LED, e com ela, mediante a alguns cálculos, determinar corrente que passe no LED e então construir um gráfico, para determinar a tensão de corte no LED.

```
double V0 = 0.0000;
double V1 = 0.0000;
double V2 = 0.0000;
double I = 0.0000000;
float VL = 0.0000;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.flush();

}

void loop() {
  V0 = analogRead(A0)*5.0000/1023.000;//tensao entre potenciometro e
resistor
  V1 = analogRead(A1)*5.0000/1023.000;//tensao entre resistor e LED
  V2 = analogRead(A2)*5.0000/1023.000;//tensao aplicada no circuito (+ LED)
  VL = V0 - V1;//tensao no LED
  I = ((V1 - V2)/220.000)*1000.0000;//corrente em mA no resistor

  Serial.print(VL); // mostra na tela a tensão no LED
  Serial.print("  ");
  Serial.print(I); // mostra na tela a corrente no LED.
  Serial.print("  ");
  delay(250);}
```

Observe que na linha 14, onde atribuímos o valor da corrente no LED, temos o valor 220, este se refere ao valor do resistor utilizado. É imprescindível que este valor seja modificado de acordo com o resistor utilizado.

## 5.4 Obtendo os dados no monitor serial

Após conectar a placa Arduino no computador, na opção ferramentas, clique em portas e verifique se a porta em que conectou o Arduino já está selecionada, caso contrário selecione.

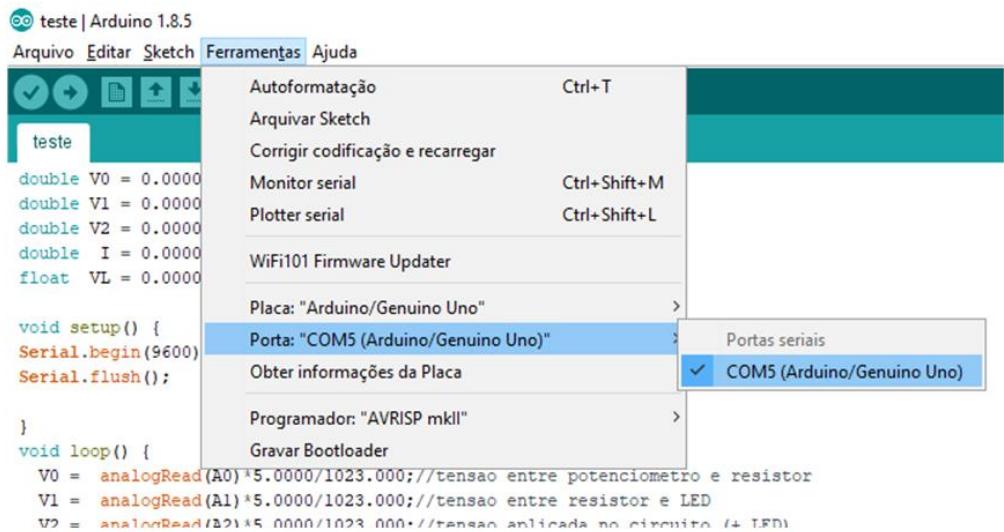


Figura 5-15. Selecionando a porta serial.

Ponto importante, antes de conectar a placa Arduino no computador, desconecte o jumper da linha do GND, só pra garantir não queimar o LED.



Figura 5-16. Conectando a placa Arduino no computador.

Conekte o jumper na linha azul, linha do GND, e na barra do menu superior clique em carregar sketch para o Arduino.



```

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Carregar
teste
double V0 = 0.0000;
double V1 = 0.0000;
double V2 = 0.0000;
double I = 0.0000000;
float VL = 0.0000;

void setup() {
Serial.begin(9600);
Serial.flush();

```

Figura 5-17. Transferindo dados para a placa Arduino.

Espera o sketch carregar na placa e selecione a opção ferramentas no menu superior. Clique em Monitor serial. Verifique se o potenciômetro está em um ponto em que o LED não esteja aceso. De preferência, deixe ele na posição de máxima resistência.

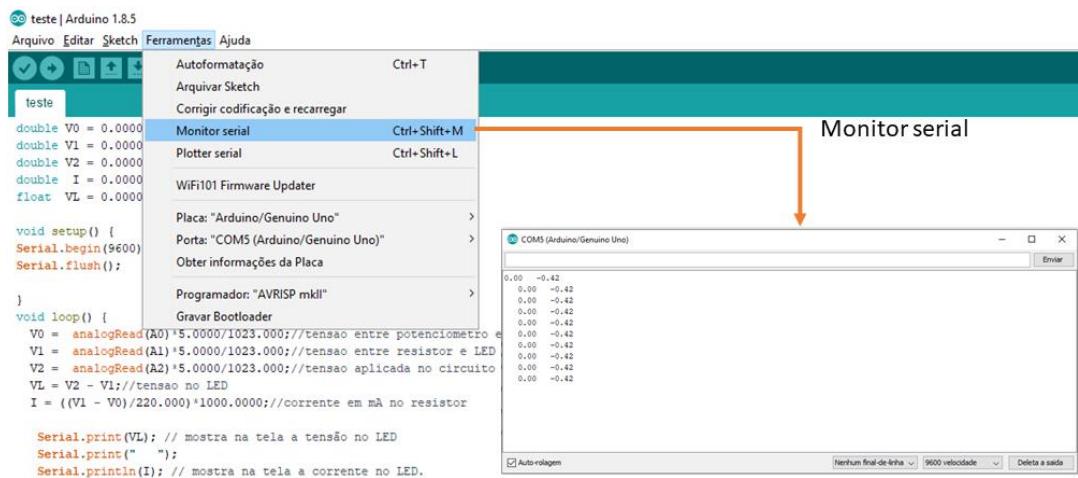


Figura 5-18. Abrindo monitor serial.

Ao abrir o monitor serial desmarque a opção Auto-rolagem na parte inferior esquerda do monitor.

0.00	-0.44
0.00	-0.44
0.00	-0.44
0.00	-0.42
0.00	-0.44
0.00	-0.44
-0.00	-0.42
0.00	-0.44
0.00	-0.44
-0.00	-0.42
-0.00	-0.42
0.00	-0.44

Auto-rolagem

Figura 5-19. Desmarcando a opção Auto-rolagem.

Gire o potenciômetro bem devagar até que o LED emita luz. Este processo deve ser feito bem devagar para que o Arduino obtenha várias medidas diferentes. Após girar o máximo, selecione os dados na tela usando Ctrl+A.

double V1 = 0.0000;	1.28	0.00
double V2 = 0.0000;	1.28	0.00
double I = 0.0000000;	1.28	0.00
float VL = 0.0000;	1.28	0.00
	1.28	0.00
void setup() {	1.28	0.00
Serial.begin(9600);	1.28	0.00
Serial.flush();	1.28	0.00
}	1.28	0.00
void loop() {	1.28	0.00
V0 = analogRead(A0)*5.0000/1023.000;//tensão	1.28	0.00
V1 = analogRead(A1)*5.0000/1023.000;//tensão	1.28	0.00
V2 = analogRead(A2)*5.0000/1023.000;//tensão	1.28	0.00
VL = V0 - V1;//tensão no LED	1.28	0.00
I = ((V1 - V2)/220.000)*1000.0000;//corrente	1.28	0.00
Serial.print(VL); // mostra na tela a tensão	1.28	0.00
Serial.print("  ");	1.28	0.00
Serial.println(I); // mostra na tela a corrente	1.28	0.00
Serial.print("  ");	1.28	0.00
delay(250);	1.28	0.00
}	1.28	0.00

Ctrl+A

Auto-rolagem

Figura 5-20. Selecionando os dados.

De acordo com Apêndice D, basta selecionar os dados e colar diretamente no Scidavis ou no Excel. Em alguns casos este procedimento não é possível devido alguns motivos, para contornar tais problemas salve os dados em um editor de texto.

The screenshot shows a computer interface with two main windows. On the left, a terminal window titled 'COM5 (Arduino/Genuino Uno)' displays a series of data lines. The first line is '1.2'. Subsequent lines show '1.28 0.00' repeated multiple times, followed by a series of lines starting with '.0000/1023.000;'. On the right, a text editor window titled '\*teste 1 - Bloco de Notas' shows a list of values. The first few lines are '0.09 0.00', followed by '0.09 0.00' repeated 15 times. The text editor has a menu bar with 'Arquivo', 'Editar', 'Formatar', 'Exibir', and 'Ajuda'. A 'Ctrl+A' label is positioned above the terminal window, and a 'Ctrl+V' label is positioned above the text editor window. A 'Auto-rolagem' checkbox is visible at the bottom of the terminal window.

Figura 5-21. Colando os dados no editor de texto.

Clique em Arquivo, no menu superior do editor de texto, em seguida salvar. Aqui você escolhe a pasta e o nome do arquivo, que seja de fácil acesso. Para abrir os arquivos no Scidavis utilize o Apêndice D.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO. Disponível em <https://tamilarduino.blogspot.com/2017/03/arduino-cnc-router-using-grbl-v3-shield.html>. Acesso em 17/01/2019

BANDEIRA, LIMA SERGILANO. **Aprendizagem de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio profissionalizante utilizando Arduino.** 2017. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal Rural do Semiárido, 2017.

CAVALCANTE, M.A; TAVOLARO, C.R.C. **Física Moderna Experimental.** 2.ed- Barueri, São Paulo: Manole,2007.

CAVLCANTE M.A; TAVOLARO, C.R.C; HAAG, R. **Experiências em Física Moderna.** Física na Escola, V.6 n.1, 2005.

SEMICONDUTORES. Disponível em: [www.coladaweb.com/fisica/eletricidade/semicondutores](http://www.coladaweb.com/fisica/eletricidade/semicondutores), Acesso em 10/02/2020.

CORES-ATHOS, 2020. **Cores de um resistor e como determinar a resistência através das mesmas.** Disponível em <https://athoselectronics.com/resistor/>, acesso em 20/01/2020.

**Ligações de um potenciômetro.** Disponível em <http://www.comofazerascoisas.com.br/potenciometro-o-que-e-para-que-serve-e-como-funciona.html>, acesso em 20/01/2020.

DOC-CONDUTORES, ISOLANTES E SEMICONDUTORES, 2017. **Aula 5\_3. Condutores, Isolantes, Semicondutores e Supercondutores. Física Geral e Experimental III Prof. Cláudio Graça Capítulo 5.** Disponível em: [http://docplayer.com.br/30656212-Aula-5\\_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html](http://docplayer.com.br/30656212-Aula-5_3-condutores-isolantes-semicondutores-e-supercondutores-fisica-geral-e-experimental-iii-prof-claudio-graca-capitulo-5.html).

DIODO-EMISSOR, 2018. **Entenda: Diodo Emissor de Luz (LED).** Disponível em <https://www.ufrgs.br/efitecjunior/2018/04/19/diodo-emissor-de-luz-led/>. Acesso 20/11/2019.

EISBERG R. M., RESNICK, R. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos e partículas,** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

HALLIDAY, D., RESNICK, R. **Fundamentos de Física, v. 4. Ótica e Física Moderna.** 9<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (2009).

MCROBERTS, M. **Arduino básico;** Tradução – Rafael Zanol. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias: Brasília, [2002]. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em novembro de 2019.

WIKI-POTE, 2019. **Potenciômetro.** Disponível em <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79547655>, acesso em 20/01/2020.

WIKI-CORPO NEGRO, 2012. Disponível em [https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Corpo\\_negro.svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Corpo_negro.svg), Acesso em 9/12/2019.

WIKI-SEMICONDUTOR, 2017. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Semicondutor>, Acesso em 9/12/2019.

WIKI-PLANCK, 2015. Disponível em [https://pt.wikipedia.org/wiki/Constante\\_de\\_Planck](https://pt.wikipedia.org/wiki/Constante_de_Planck), Acesso em 13/12/2019.

WIKI-PLACA, 2018. **Placa de Ensaio.** Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Placa\\_de\\_Ensaio](https://pt.wikipedia.org/wiki/Placa_de_Ensaio), Acesso em 20/01/2020

## 7 APÊNDICES

### 7.1 Apêndice A – Organizador Prévio

**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Universidade Federal de Sergipe

#### 1 - Primeiro momento – Questionário prévio

**Objetivo:** Desenvolver a ideia de energia mínima através de conceitos como, energia potencial gravitacional e energia cinética.

**Duração:** 10 minutos

#### Questionário prévio.

Prezado Aluno, solicito a sua contribuição para o preenchimento deste questionário. O mesmo tem como objetivo investigar se você possui algum conhecimento prévio sobre conservação de energia. NÃO há respostas corretas. O importante é que sua resposta reflita sua opinião verdadeira em cada questão.

O resultado desta avaliação NÃO será computado em sua nota.

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

**Turma:** \_\_\_\_\_

**1 – O que é energia potencial elástica?**

---

---

**2 – E a energia cinética?**

---

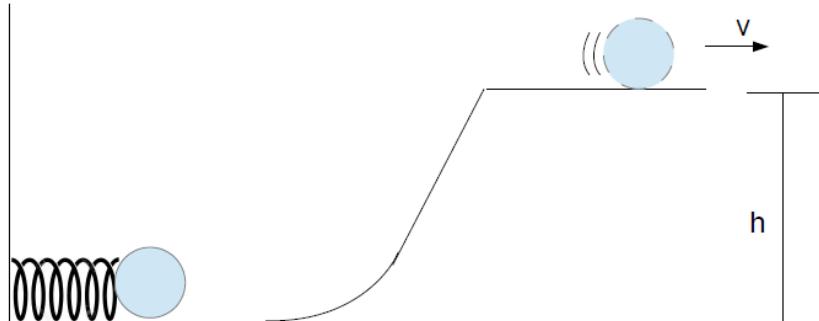
---

**3 - O que diz a lei da conservação de energia?**

---

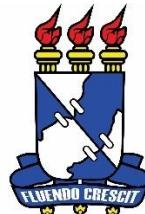
---

4 – Imagine um sistema conservativo, como mostra a figura abaixo, à medida que aumentamos a força elástica, o que acontece com a velocidade da bolinha no processo de subida na rampa?



5 - Como o objetivo é fazer com que a bolinha suba o desnível, devemos fornecer uma energia mínima para tanto?

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Universidade Federal de Sergipe



## 2 - Segundo momento – Observação/ Demonstração

**Objetivo:** Utilizar um modelo mecânico criado no ALgodoo, para determinar a energia mínima para se alcançar o plano horizontal. Relacionar essa energia com a mínima para manter os objetos em movimento no plano horizontal.

**Duração:** 25 minutos

**Material:** Computador, programa Algodoor previamente instalado, modelo mecânico pronto disponível **Apêndice C**.

**Procedimentos:**

Com o modelo mecânico montado, disponível no Apêndice B, é só clicar em velocidade de la simulação, no botão que se encontra na parte inferior central da interface, para dar o play na simulação. Neste botão, podemos mudar a velocidade de simulação.

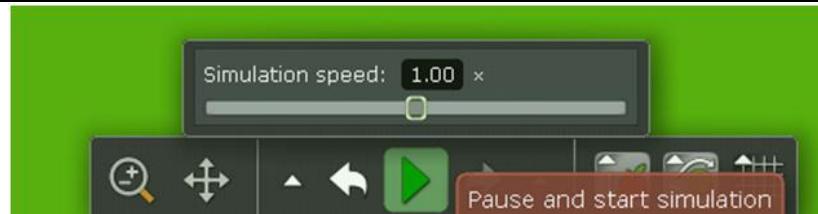


Figura 7-1. A1 - Dando play na simulação.

### 1º parte: Energia potencial elástica e velocidade

No canto superior direito, no menu propriedades, clique na opção *visualización*, *ver fuerzas*, desmarque todas as opções de forças, menos a opção *resorte*, que é nossa força elástica.

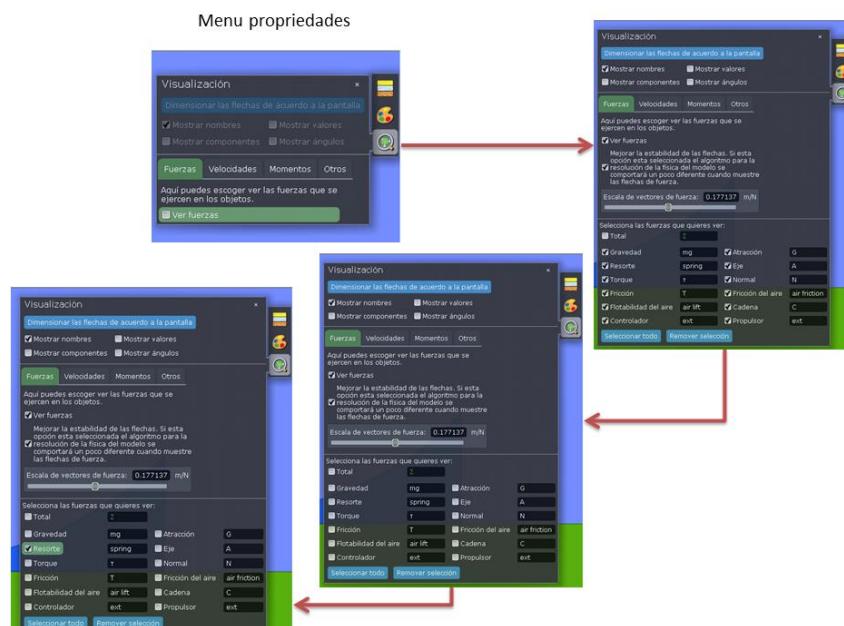


Figura 7-2. A2 - Habilitando a função ver forças e velocidades.

Ainda no menu propriedades, selecione a opção velocidades e clique na opção ver velocidades. Por último, ainda nesse mesmo menu, desmarque a opção mostrar nombres, e selecione a opção mostrar valores

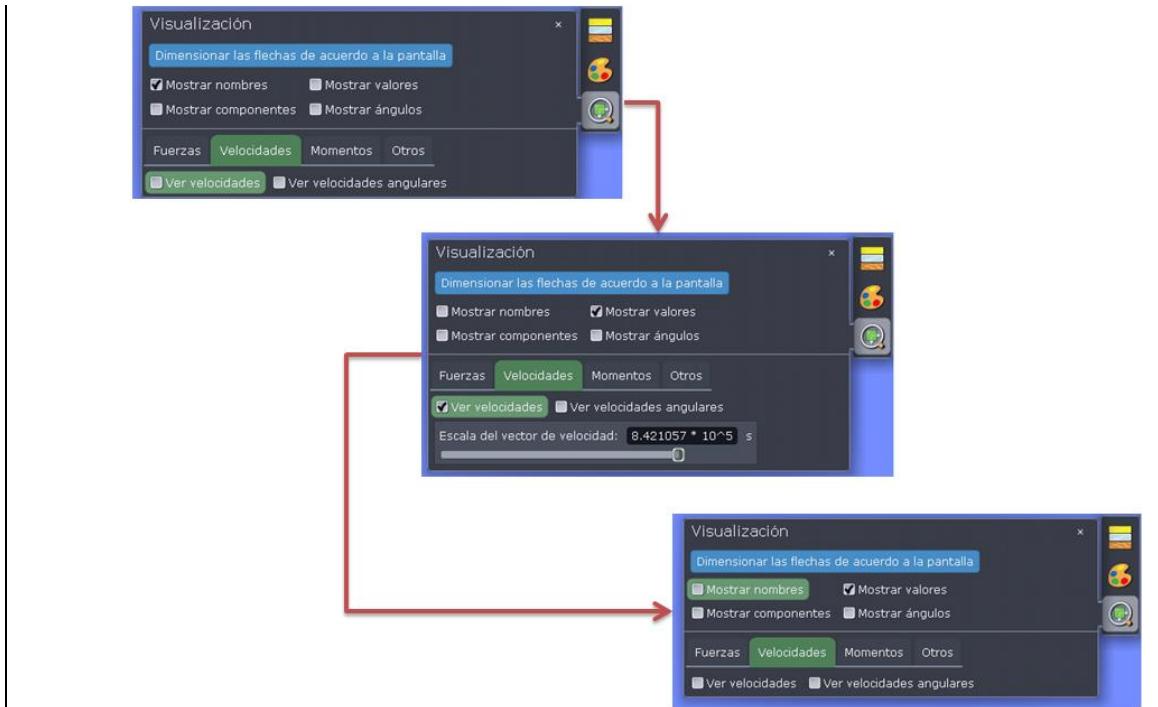


Figura 7-3. A3 - Habilitando a função ver forças e velocidades.

**1º Passo:** Com o botão *herramienta para crear círculos*, crie um pequeno círculo na base do lançado, com no máximo 0,3 m de diâmetro. Ainda com a simulação pausada, e com a ajuda do botão *herramienta para mover objetos*, comprima um pouco a mola do lançador para a esquerda. Anote o valor da força elástica.

**2º Passo:** Aproxime a bolinha do lançador e clique em iniciar a simulação. Observe e anote a velocidade máxima alcançada pela bolinha.

Repita o segundo passo mais duas vezes, lembrando-se de comprimir a mola no máximo 5 N de força. Para cada vez, pressione no botão pausa para poder mover os objetos com a opção *herramienta para mover objetos*.

**1º - À medida que aumentamos a força elástica, o que acontece com a velocidade da bolinha?**

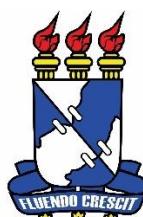
**2º - Como o objetivo é fazer com que a bolinha suba o desnível, devemos fornecer uma energia mínima para tanto?**

**3º - O que devemos fazer para manter a velocidade no plano horizontal, aumentar, diminuir ou manter a força elástica?**

## 7.2 Apêndice B – Aula com Demonstração

**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Universidade Federal de Sergipe



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

### Introdução

Os diodos são dispositivos utilizados como retificadores de corrente elétrica, formados por um cristal semicondutor de silício ou germânio que podem ou não ser dopados durante seu processo de formação. Os diodos, são utilizados em carregadores de telefones, onde converte corrente elétrica alternada (CA) em corrente elétrica continua (CC), rádios, telefones sem fio e etc.

Um dos diodos mais utilizados atualmente, e mais conhecido, é o Díodo Emissor de Luz (LED). Formado por dois materiais semicondutores em sua junção PN, emite luz quando submetido a uma determinada tensão. Mas como isso ocorre? Ao submeter a junção PN a uma tensão, fornecemos energia suficiente aos elétrons do lado N, Figura 6, para que possam vencer a barreira de potencial, se aproximando a fronteira da junção. No momento em que ocorre a recombinação dos elétrons com as “lacunas” do lado P, há a emissão de radiação de energia que é igual ao GAP de energia, ou a largura da banda proibida. Em outras palavras, elétrons da banda de condução se recombinam com as lacunas da banda de valência, emitindo energia que pode ser determinada, também, pela diferença dessas duas bandas ( $\Delta E_g$ ). (CAVALCANTE, TAVOLARO, HAAG, 2005)

A emissão de energia em forma de radiação, apenas, é característica de uma junção de Arseniato e gálio. No caso do silício e germânio a emissão é percebida em forma de vibração do reticuloso cristalino. Na emissão de fótons, podemos determinar o comprimento dos mesmos através da equação 4.

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = E_{GAP} + \Delta F_F \quad \text{Equação 7.1. AB.1}$$

Segundo (HALLIDAY e RESNICK, 2009), só dopar o material não é necessário para que possamos ter um grande número de recombinações, é necessário que o LED seja conectado diretamente, Apêndice E, para que isso possibilite o estreitamento da barreira de potencial, facilitando as recombinações. Para que os elétrons comecem a se reorganizar, precisamos fornecer uma energia mínima ou tensão mínima. Essa energia é proporcional à largura da banda proibida, e pode ser determinada da seguinte maneira.

$$eV = E_{GAP} + \Delta F_F \quad \text{Equação 7.2. AB.2}$$

Para uma intensidade máxima de frequência emitida, podemos ter uma relação entre a tensão mínima e a energia de um fóton emitido. (HALLIDAY e RESNICK, 2009)

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = eV_o \quad \text{Equação 7.3. AB.3}$$

Geralmente encapsulado com material fosco, mas sua forma mais eficiente é com material transparente, Figura 7. O LED é uma das formas mais eficientes de produzir luz, pois não produz muito calor e seu tempo de vida é bastante elevado. Os LEDs funcionam com baixas tensões, dependendo do material semicondutor utilizado na construção da junção PN, que variam entre 1,6 V a 4 V.

### Material Utilizado

- Arduino UNO;
- LED. Sempre dê preferência a LEDs com encapsulamento transparente.
- Resistores. O valor depende do da cor do LED a ser utilizado, **Apêndice F**, da dissertação.
- Potenciômetro de 10KΩ, ou com valor maior;
- Fios jumper;
- 1 Protoboard

### MONTAGEM DO CIRCUITO UTILIZADO NA PLACA ARDUINO

Para montar o circuito que será utilizado na aula com demonstração, utilize o esquema abaixo montado com o programa fritzing.

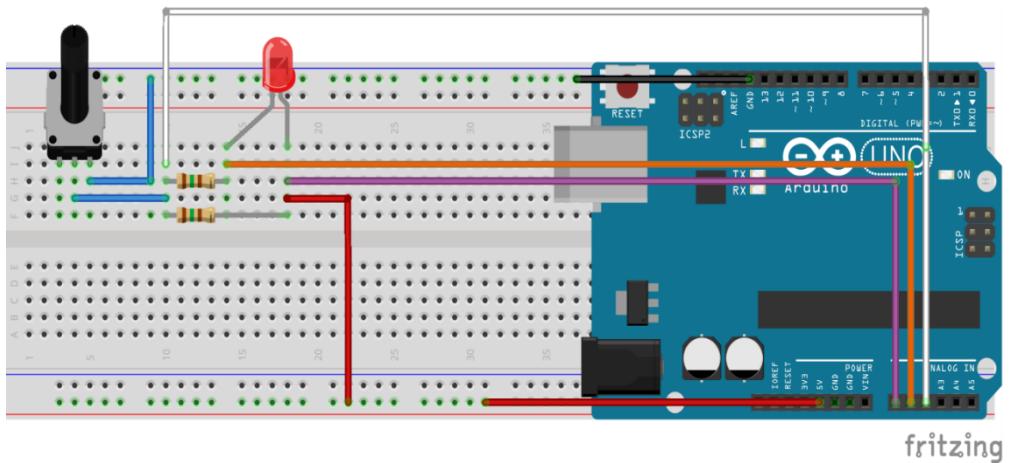


Figura 7-4. B1: Esquema para montagem do circuito. **Próprio autor**

O circuito acima, é composto por dois resistores um potenciômetro, um LED e a placa Arduino, de acordo com a Figura AB.2.

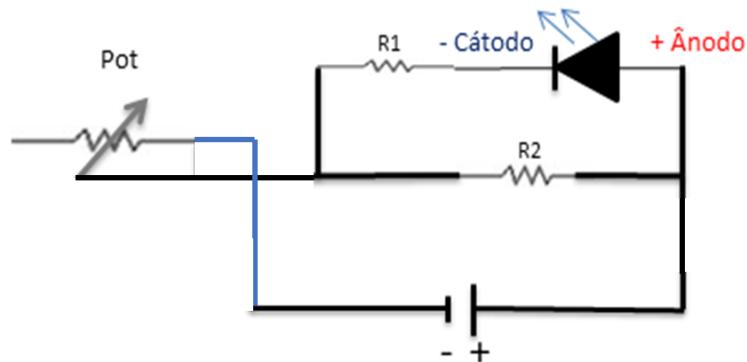


Figura 7-5. B2—Representação do circuito utilizado. **Próprio autor**

O resistor R1 é utilizado como limitador de tensão, vinde **Apêndice F**, onde seu valor depende da cor de LED utilizado, e do tipo também.

Como em todo circuito, pode haver correntes de fuga, o R2 é utilizado para impedir essas correntes de fuga. O valor do R2 sempre será maior que o valor de R1.

A tensão fornecida ao circuito será a do Arduino, ou seja, 5v. O potenciômetro foi conectado para que ele percorra um intervalo de 0 à 5v, ou dependendo do potenciômetro que esteja a sua disposição, de acordo com a tensão fornecida ao circuito.

**Observação:** Tome cuidado ao conectar o LED, siga o **Apêndice E**. Se observarmos o circuito, estamos utilizando as portas **A0**, **A1** e **A2**. A porta **A1** é utilizada para receber os valores de tensão entre o resistor e o LED, a porta **A2** é utilizada para receber os valores referentes a tensão total aplicada ao circuito, e a porta **A0** é utilizada para receber os dados da tensão entre o resistor e o potenciômetro. No circuito, dividimos os valores recebidos nas portas por 1023, este fato acontece porque os valores são recebidos em bits, logo, esta operação os transformam.

### O programa

Com este programa pretende-se ler a tensão no LED, e com ela, mediante a alguns cálculos, determinar corrente que passe no LED e então construir um gráfico, para determinar a tensão de corte no LED. Digite o código no IDE do Arduino.

```
double V0 = 0.0000;  
  
double V1 = 0.0000;  
  
double V2 = 0.0000;  
  
double I = 0.0000000;  
  
float VL = 0.0000;  
  
double RP = 0.000000;  
  
float Eg = 0.0000;  
  
void setup() {  
  
    Serial.begin(9600);  
  
    Serial.flush();  
  
}  
  
void loop() {  
  
    V0 = analogRead(A0)*5.0000/1023.000; // tensao entre potenciometro e  
resistor  
  
    V1 = analogRead(A1)*5.0000/1023.000; // tensao entre resistor e LED
```

```
V2 = analogRead(A2)*5.0000/1023.000; // tensao aplicada no circuito (+  
LED)  
  
VL = V2 - V1;//tensao no LED  
  
I = ((V1 - V0)/220.000)*1000.0000;//corrente em mA no resistor  
  
Serial.print(VL); // mostra na tela a tensao no LED  
  
Serial.print(" ");  
  
Serial.print(I); // mostra na tela a corrente no LED.  
  
Serial.print(" ");  
  
delay(250);  
  
}
```

### Introdução da aula com demonstração

Aqui iremos verificar o que acontece quando acender um LED. Para tanto, de acordo com o esquema da figura 1, a resistência do potenciômetro será modificada de modo que se aumente a corrente que passa no LED. O circuito da imagem abaixo está explicado no Anexo 6. Um dos pinos do Arduino, irá medir a tensão que atravessa o LED, o outro pino irá medir a corrente. Ambos os valores de tensão e corrente, serão exibidos simultaneamente no monitor do IDE do Arduino, com os quais será possível a criação de um gráfico.

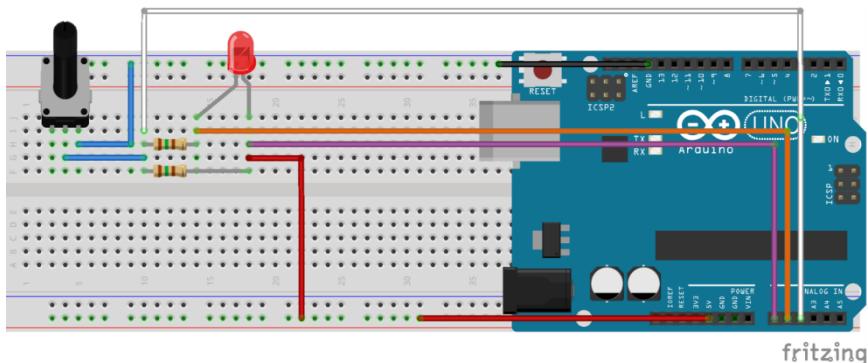


Figura 7-6. B3 Circuito principal.

### Aplicação do questionário prévio.

Prezado Aluno, solicito a sua contribuição para o preenchimento deste questionário. O mesmo tem como objetivo investigar se você possui algum conhecimento prévio sobre conceitos de Física Moderna, a saber, semicondutores, LEDs, Tensão de Corte. NÃO há respostas corretas. O importante é que sua resposta reflita sua opinião verdadeira em cada questão.

O resultado desta avaliação NÃO será computado em sua nota.

**Nome:**

---

**Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Turma:** \_\_\_\_\_

1 – Sabe o que são semicondutores?

( ) Sim. Justifique

( ) Não

---

2 – Já ouviu falar em junção PN?

( ) Sim. Justifique

( ) Não

---

3 – Já ouviu falar em fóton?

( ) Sim. Justifique

( ) Não

---

4 – O que acontecerá quando variarmos a resistência no potenciômetro?

---

---

5 – O aumento no brilho do LED tem relação com a resistência do potenciômetro?

( ) Sim. Justifique

( ) Não

---

6 – Qual a grandeza que varia, à medida que variamos a resistência no potenciômetro?

---

---

7 – Existe uma energia mínima para que o LED possa começar a emitir fótons?

---

---

## 7.3 Apêndice C - Construção do modelo mecânico

### 7.3.1 Material utilizado

- Computador
- Programa de simulação computacional Algodox

### 7.3.2 Baixando o Agodox

O Algodox, disponível gratuitamente em <http://www.algodox.com/>, é uma plataforma de simulação computacional extremamente versátil. Lá podemos simular desde sistemas simples, como massa mola, plano inclinado, até sistemas mais complexos com mudança de densidade de materiais, gravidade e resistência do ar. Ao entrar no site clique em download e selecione a opção download for Windows ou download for Mac, dependendo do sistema operacional do seu computador.

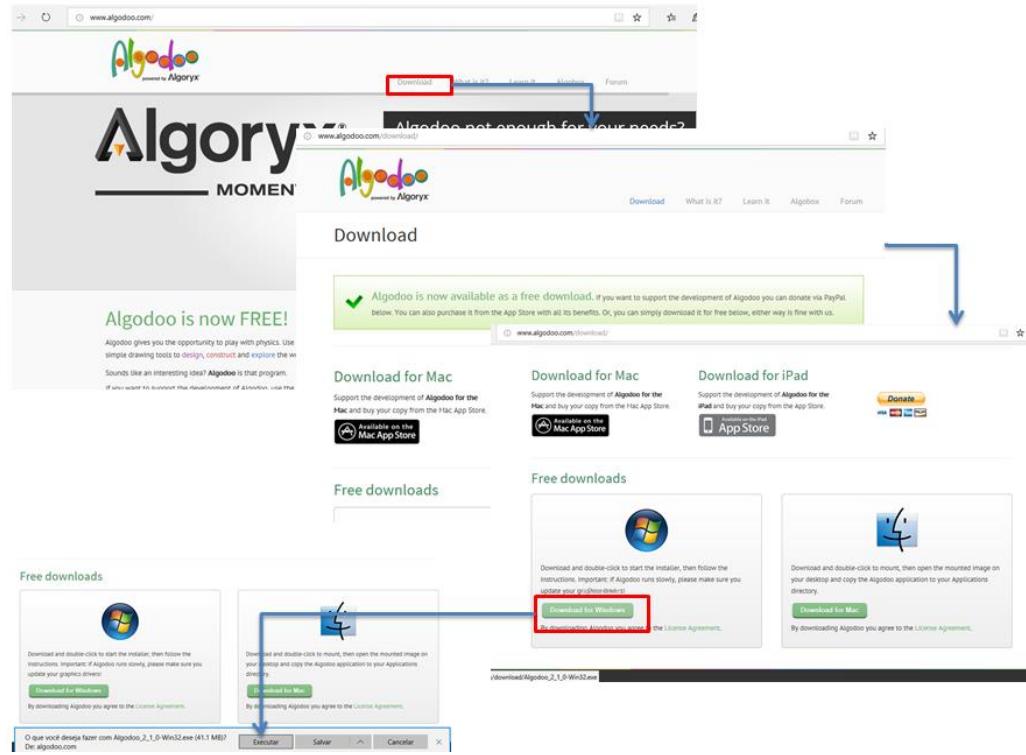


Figura 7-7. Abrindo site e baixando o programa.

Após baixar o programa, instale-o de acordo com os passos do instalador. Quando inicializado o mesmo lhe apresentará uma tela inicial com um pequeno tutorial.

Feche a aba do tutorial e na interface do programa, canto inferior esquerdo, selecione a opção ferramentas para criar figuras retangulares.

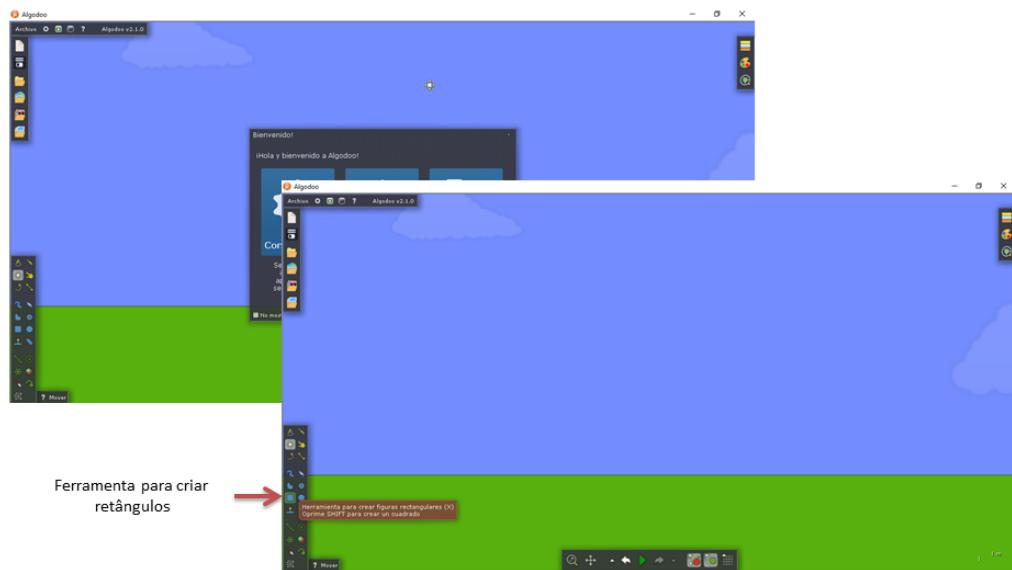


Figura 7-8. Abrindo o programa e selecionando a opção ferramenta para criar retângulos.

### 7.3.3 Criando o lançador (base com a mola)

**OBS:** A qualquer momento pressione a letra “m” no seu teclado para selecionar a opção ferramenta para mover objetos. Esta ferramenta é usada para mover os objetos de um lugar a outro na interface principal do Algodoo. Use a o botão do meio do mouse para ampliar os objetos.

Após selecionar a opção ferramentas para criar figuras retangulares, com o botão esquerdo do mouse crie um retângulo. Não precisa se preocupar com o tamanho, mas que não seja muito grande, nem muito pequeno.

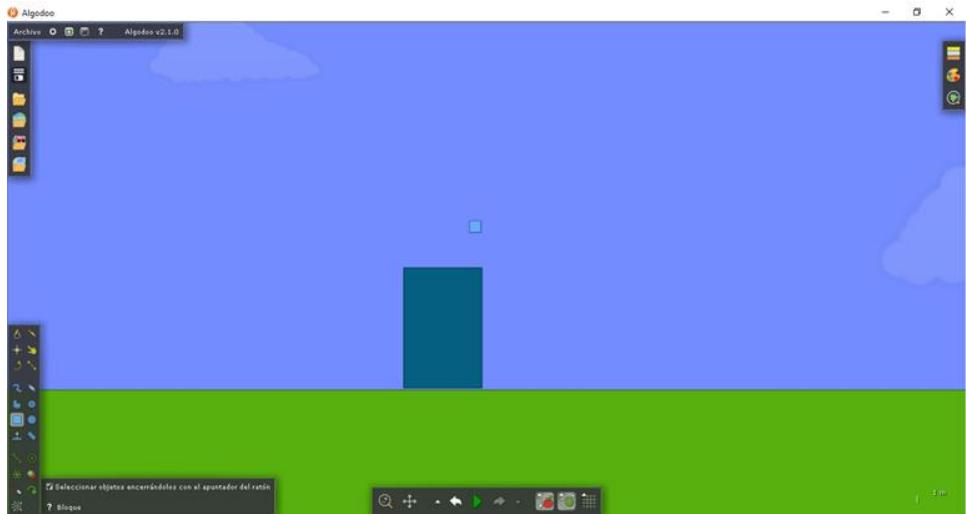


Figura 7-9. Criando o primeiro retângulo.

Crie outro retângulo um pouco menor em cima do que já existe e em seguida com o botão direito do mouse clique em cima desse novo retângulo, selecionando a opção *CSG*, e em seguida *subtrair*.

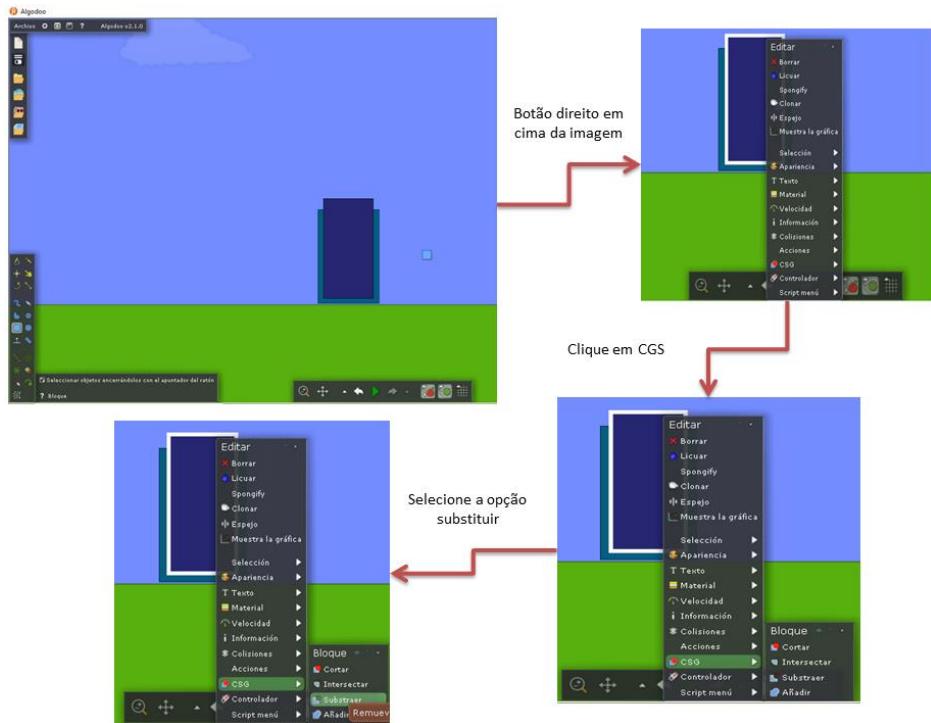


Figura 7-10. Subtraindo a área de um retângulo em outro.

Feito isso, apague o retângulo sobreposto e teremos algo parecido com o da figura abaixo. Esta figura servirá de base para nosso lançador. Gire a figura mesmo 90° para a direita, para tanto dentro do menu de ferramentas, no lado inferior esquerdo, clique na opção *girar objetos*, depois é só clicar com o botão esquerdo no objeto e girar para a direita.



Figura 7-11. Girando a figura.

Dentro do retângulo que você girou, crie mais outro retângulo de espessura e largura bem menor, para servir de “êmbolo” do nosso lançador. No menu de ferramentas, selecione a opção *resortes*, ou simplesmente *molas*, e crie uma mola da base do lançador até o retângulo menor, criado anteriormente. A mola deve estar no meio do êmbolo e do lançador, veja figura abaixo.

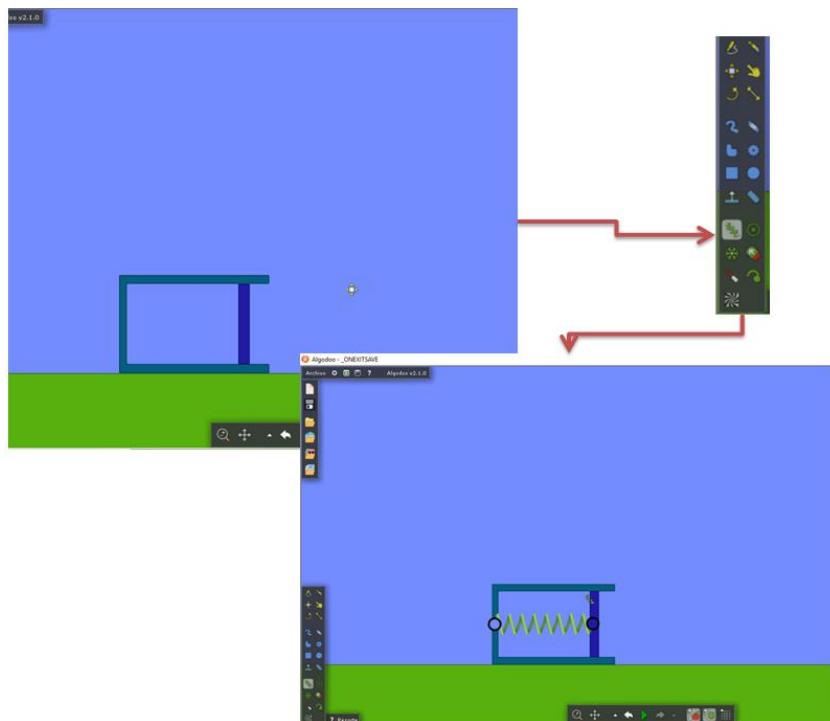


Figura 7-12. Adicionando uma mola ao lançador.

Entre o êmbolo e a base do lançador deve haver o menor atrito possível. Com o botão direito do mouse, clique na base do lançador, selecione a opção *material*, e em seguida com ajuda do mouse atribua o valor “0” para a *fricción* (atraito). Faça o mesmo procedimento para o êmbolo.



Figura 7-13. Retirando o atrito entre a base e o êmbolo

Para evitar que a base do nosso lançador receba de volta toda força contrária da mola, no menu de ferramentas clique na opção *herramienta para fijar* (ferramenta para fixar), e na base do nosso lançador clique com o botão esquerdo para fixá-lo ao plano, como na figura abaixo.

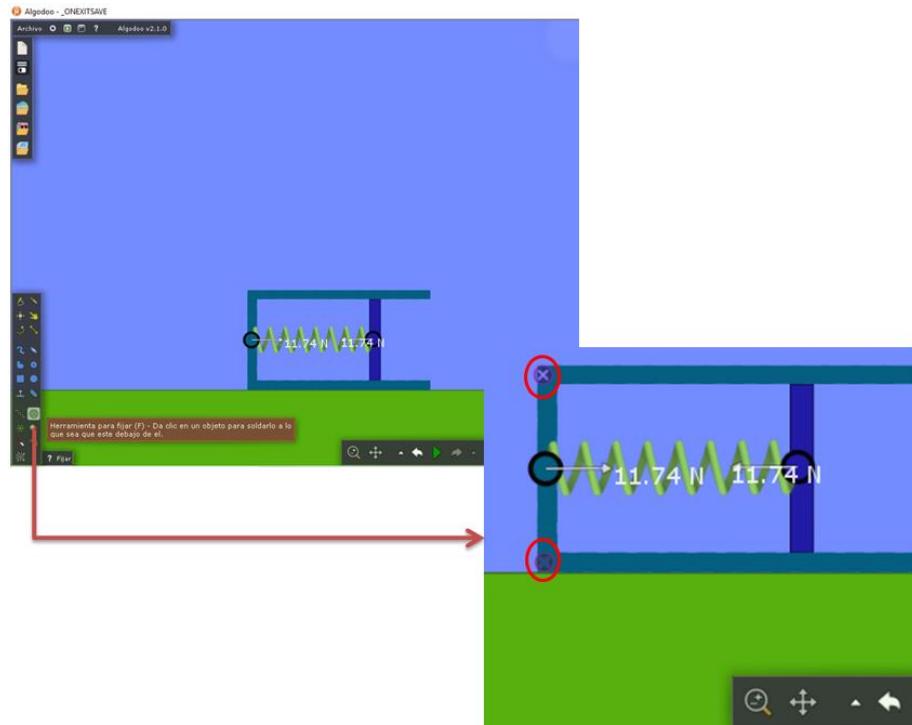


Figura 7-14. Fixando a base no plano.

Caso precise modificar as características da mola, como amortecimento e tamanho, basta clicar com o botão esquerdo do mouse sobre a mesma e selecionar a opção *material*. Este passo serve para mudar as características de todos os materiais criados no Agodoo.



Figura 7-15. Modificando as propriedades da mola

#### 7.3.4 Criando a rampa

Crie um retângulo grande, próximo à base do lançador, este será cortado para ser nossa rampa. Como não temos uma opção em que possamos cortar este retângulo da forma que queremos, vamos utilizar a mesma opção utilizada para cortar o primeiro retângulo deste tutorial. No menu de ferramentas, clique na opção *herramienta para crear círculos*, e crie um círculo da mesma proporção que o retângulo criado anteriormente.

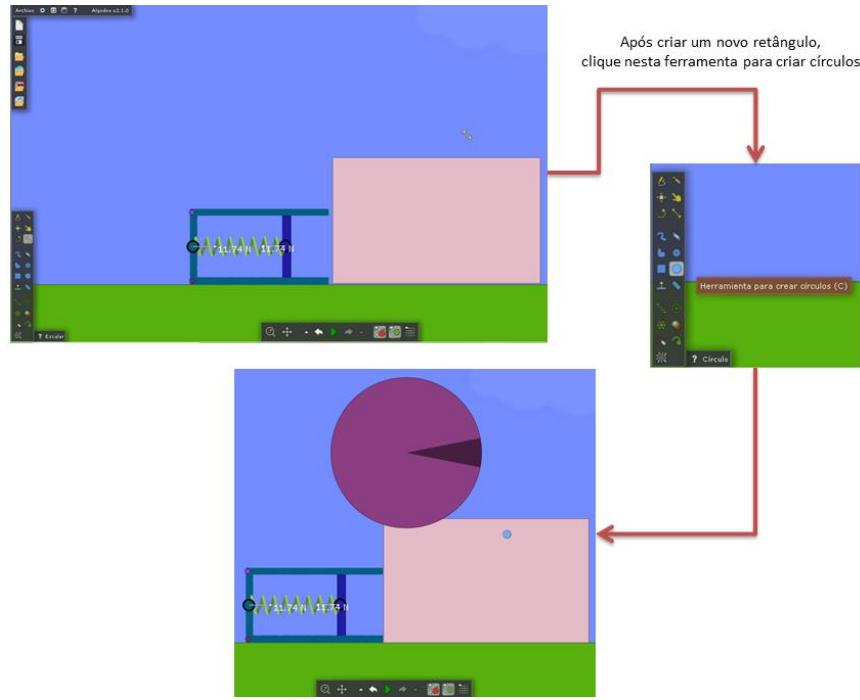


Figura 7-16. Criando o retângulo e círculo para recorte da rampa.

Precisamos criar uma curvatura não muito acentuada no nosso retângulo, mas como podemos observar, com o atual formato de nosso círculo não dá pra fazer isso. No menu de ferramentas, clique na opção *herramienta para escalar* (ferramenta para escalar objetos), e logo depois clique no círculo.

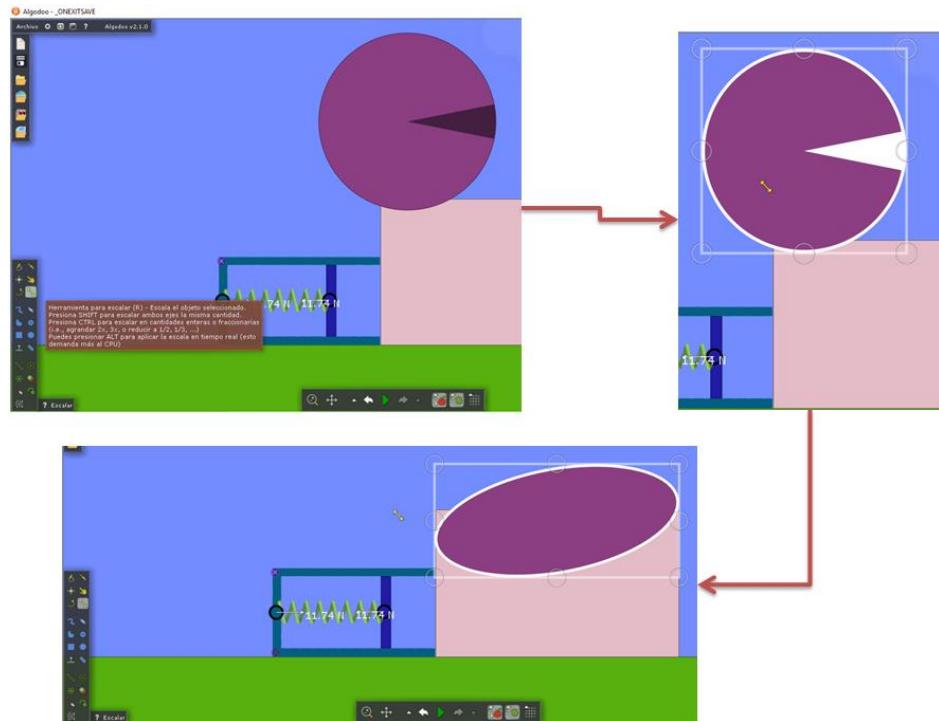


Figura 7-17. Redimensionando o círculo.

Com esta opção podemos redimensionar os objetos da maneira que quisermos. Redimensione o círculo, como na figura abaixo, de modo que a curva ao cortar o retângulo não fique muito acentuada. Após o processo de redimensionar, é só clicar com o botão direito sobre o círculo e em *CGS*, selecionar a opção subtrair.



Figura 7-18. Imagem do plano cortado.

Caso o plano não fique bem ajustado à base do lançador, utilize a opção *herramienta para escalar*, ou simplesmente utilize *Ctrl+z* para desfazer e retornar a um estado anterior de criação. Novamente, para que nossa rampa não se move, utilize os fixadores para fixa-lo. Ao lado da rampa crie um novo retângulo de mesma altura, para servir de plano horizontal. No final, devemos ter um conjunto parecido com o da imagem abaixo.

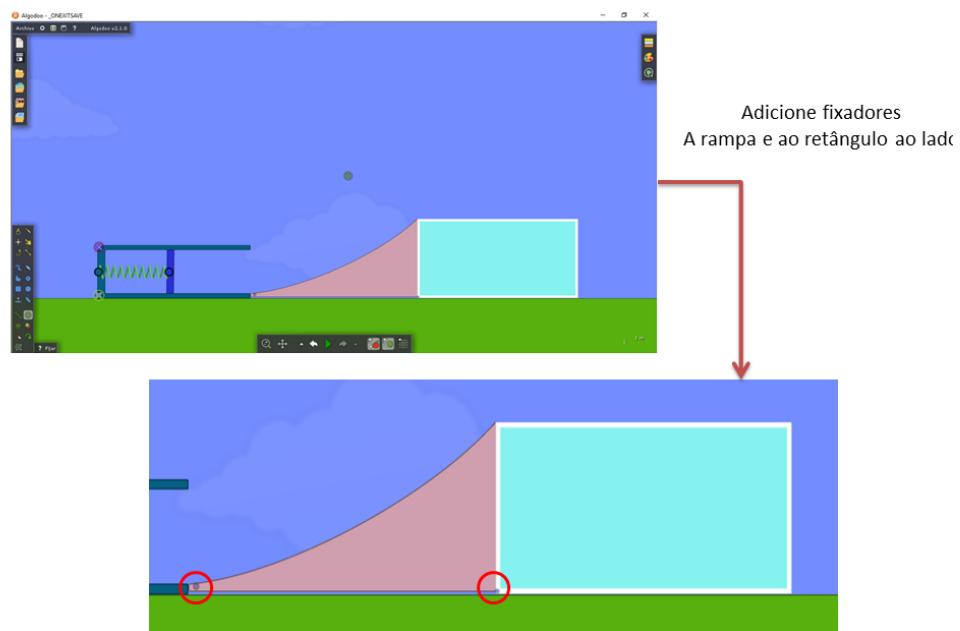


Figura 7-19. Conjunto final e adicionando fixadores às outras duas figuras.

## 7.4 Apêndice D – Tratamento dos dados no Scidavis.

O SciDAVis, disponível gratuitamente em <http://scidavis.sourceforge.net/> , é um programa usado para análise e visualização de dados científicos. Ao entrar no site, clica em download e em seguida será apresentada uma página onde será possível escolher seu programa operacional, *Figura 8-17*.

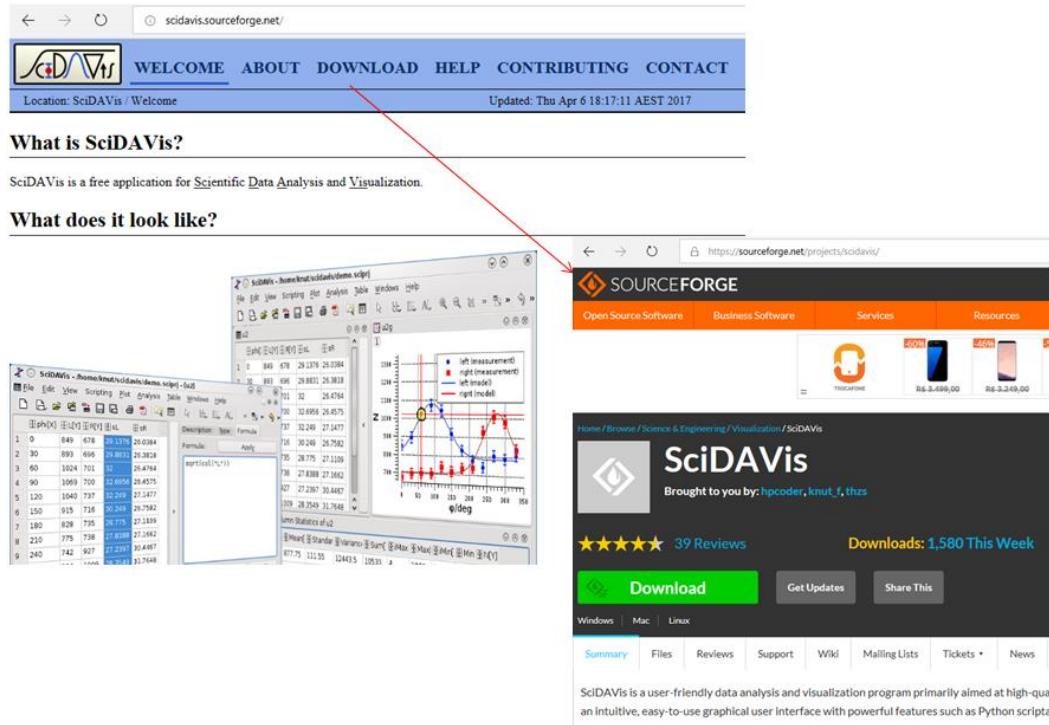


Figura 7-20. Fazendo o download do programa

Após baixar o programa, instale-o de acordo com os passos do instalador. Inicializado, copie e cole os dados do Monitor Serial, para a aba no Scidavis, *Figura 8-18*.

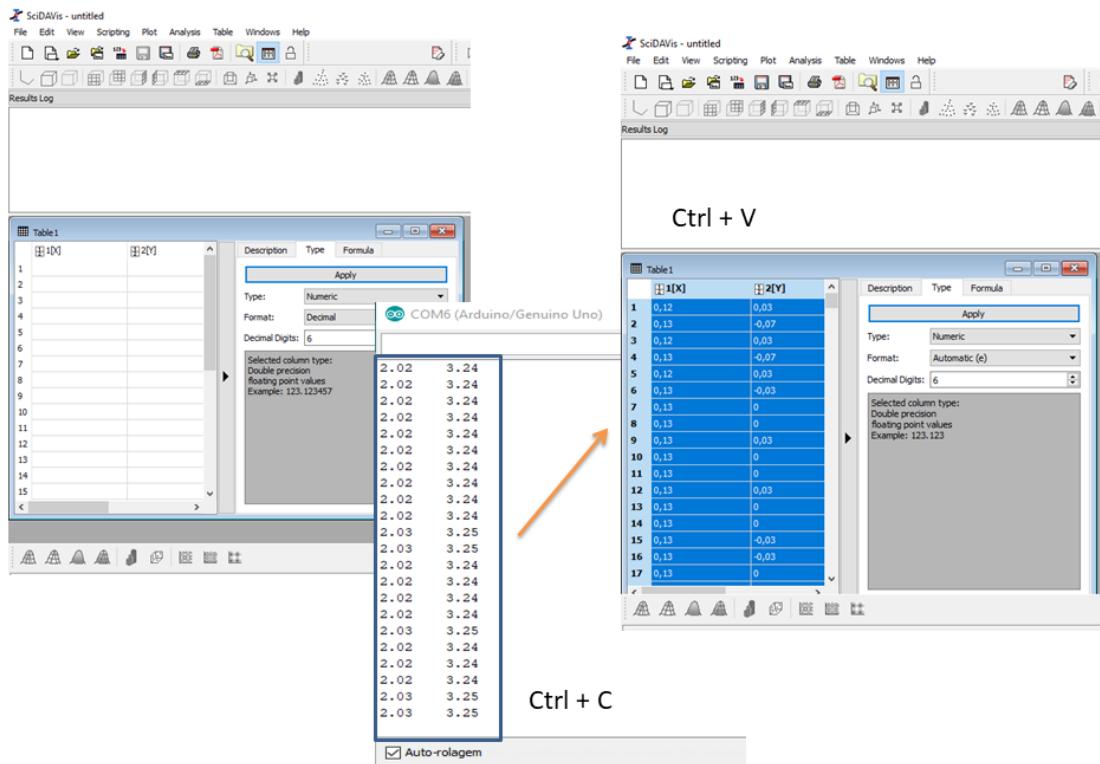


Figura 7-21. Abrindo o Scidavis e copiando os valores do monitor serial para o Scidavis.

Em alguns casos este procedimento não é possível devido alguns problemas de incompatibilidade, para contornar tais problemas, primeiro salve os dados em um editor de texto.

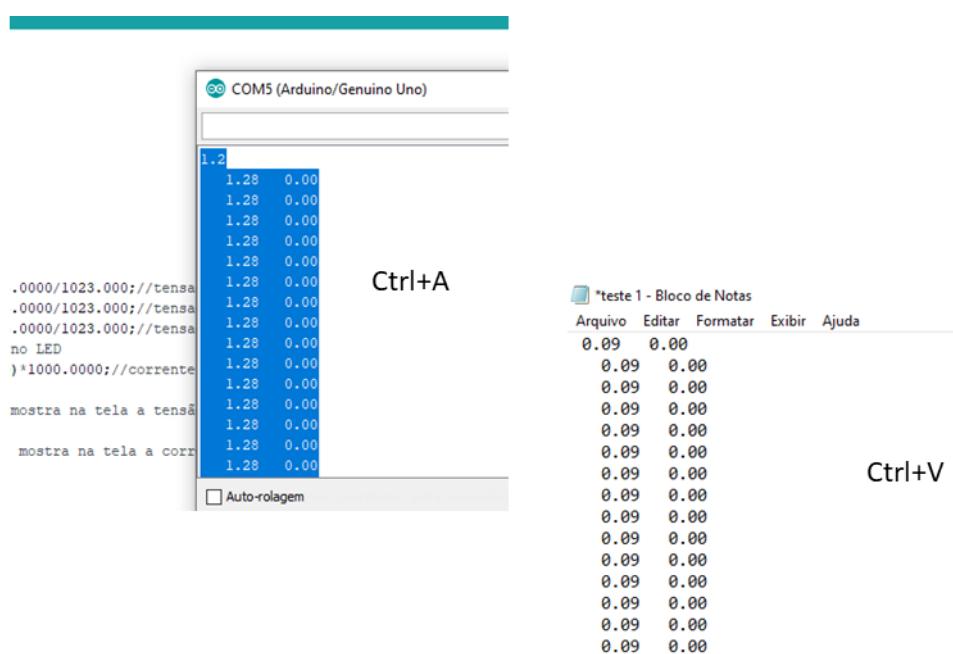


Figura 7-22. Colando os dados no editor de texto.

Clique em Arquivo, no menu superior do editor de texto, em seguida salvar.  
Aqui você escolhe a pasta e o nome do arquivo, que seja de fácil acesso.

Na página inicial do Scidavis clique em file e em seguida import ASCII.

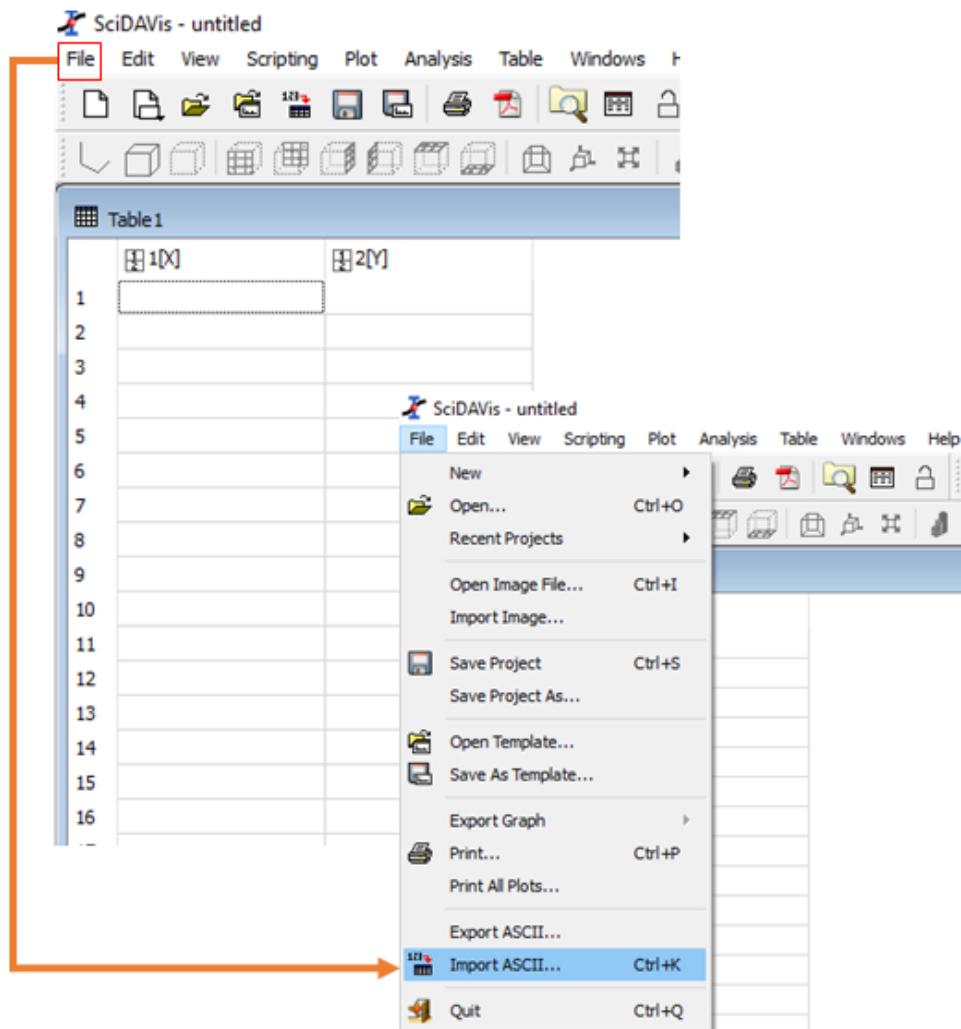


Figura 7-23. Colando os dados no editor de texto.

Na aba que será aberta selecione o arquivo que queira abrir, certifique-se que seja um arquivo em formato de texto (.txt). Na mesma aba clique em separador/separator e selecione a opção space/espaco, assim o programa vai conseguir separar os dados em duas colunas.

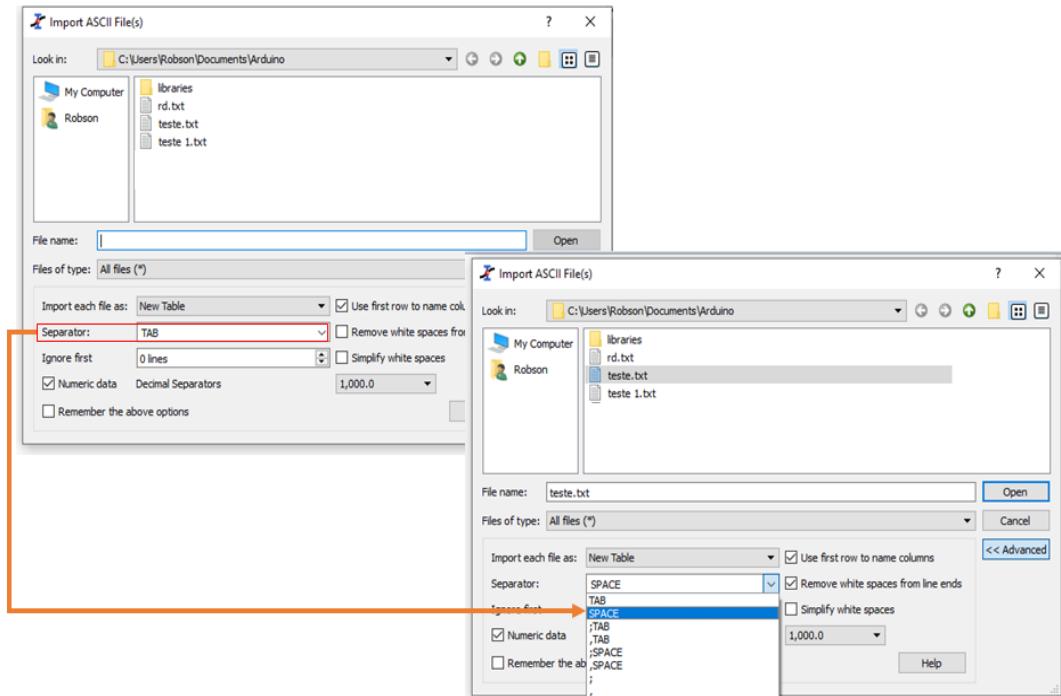


Figura 7-24. Selecionando separador.

Clique em abrir/open para abrir os dados no Scidavis. Ao abrir os dados, algumas tabelas podem ser abertas, todas com valores zeros, juntas com as dos nossos dados. Selecione essas tabelas clique com o botão direito do mouse em cima das tabelas e selecione excluir/remove columns.



Figura 7-25. Removendo colunas extras.

Verifique se os valores de corrente estão na coluna y e os valores de tensão estão na coluna x. Na aba superior são dispostas algumas opções, dentro dessas, temos a opção Plot, clicando nela e logo após na opção Scatter (dispersão), receberemos algo como na Figura 8-23.

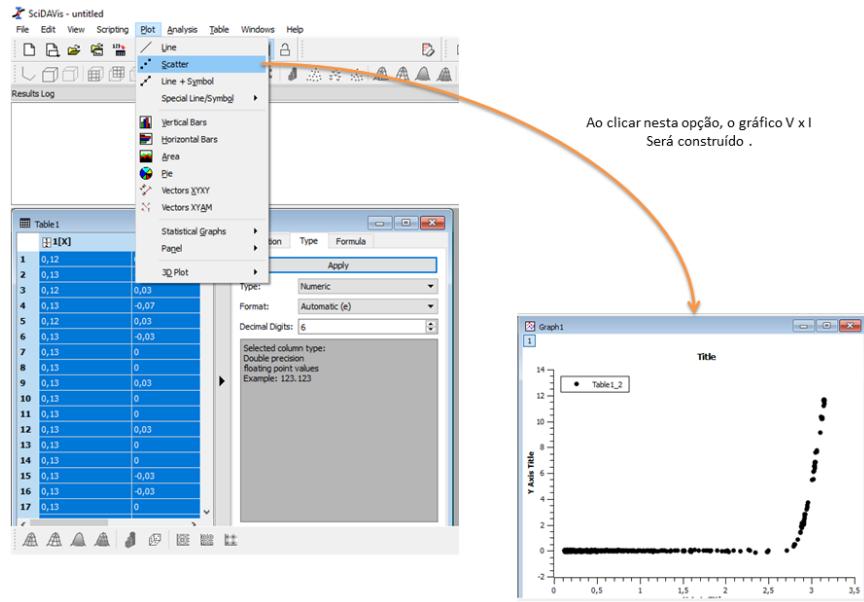


Figura 7-26. Criando o gráfico no Scidavis.

Precisamos definir dois pontos, um máximo e outro mínimo, para poder ajustar uma reta a partir do momento em que o LED começa a conduzir. Clique na opção Tools e em seguida na opção Select Data Range, aparecerão dois pontos no gráfico que podem ser selecionados com as setas de direita e esquerda. Quando selecionada a opção Select Data Range, um dos pontos já vai estar posicionado no máximo da curva, basta a você, apenas dê um clique no ponto onde a curva começa a subir, como na Figura 8-24.

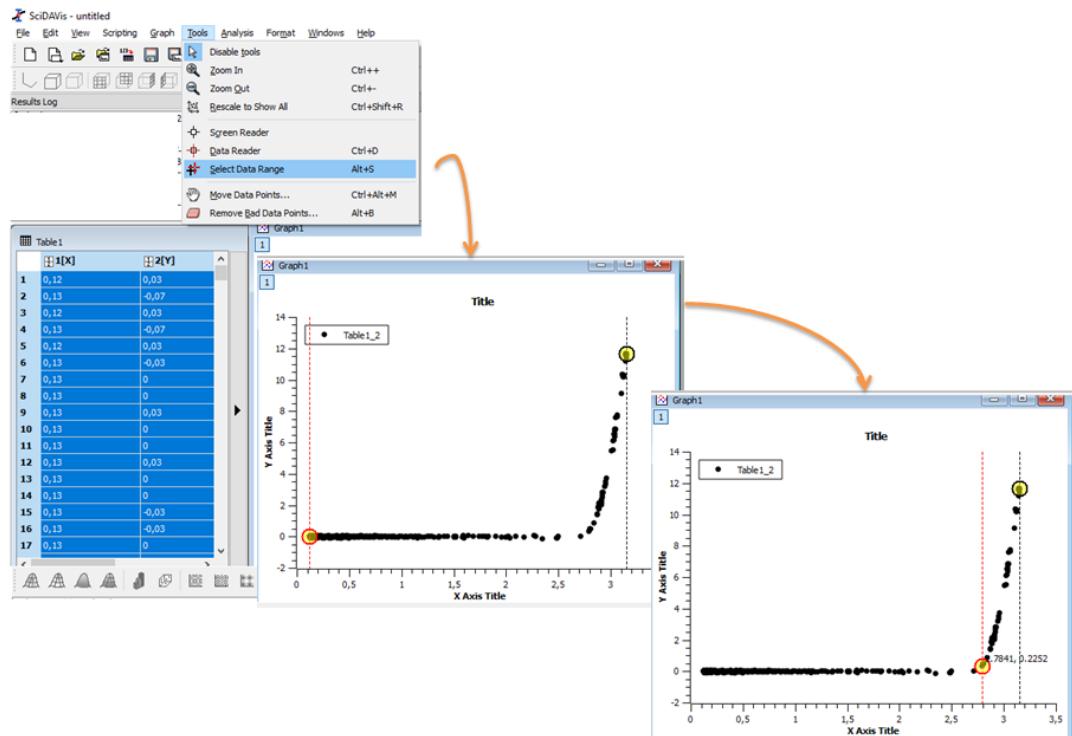


Figura 7-27. Limitando a construção da reta do ajuste linear.

Para ajustar uma reta neste intervalo selecionado, clique em Analysis, Quick Fit e em Linear, Figura 8-25. Desta forma, uma reta será ajustada no intervalo previamente selecionado.

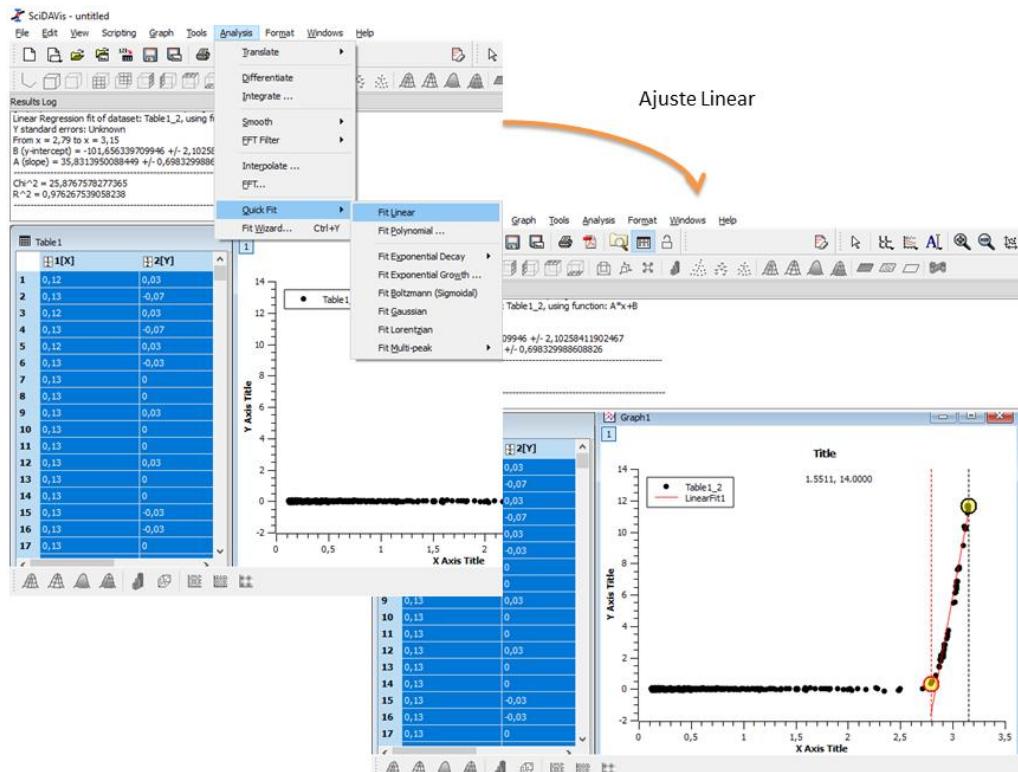


Figura 7-28. Ajustando uma reta.

Na parte superior esquerda, apareceram alguns valores, estes são referentes ao ajuste no gráfico. Como mostra a Figura 8-26, sabemos que o ajuste se trata de uma função do primeiro grau  $Ax + B = 0$ , onde os coeficientes A e B são dados automaticamente pelo ajuste.

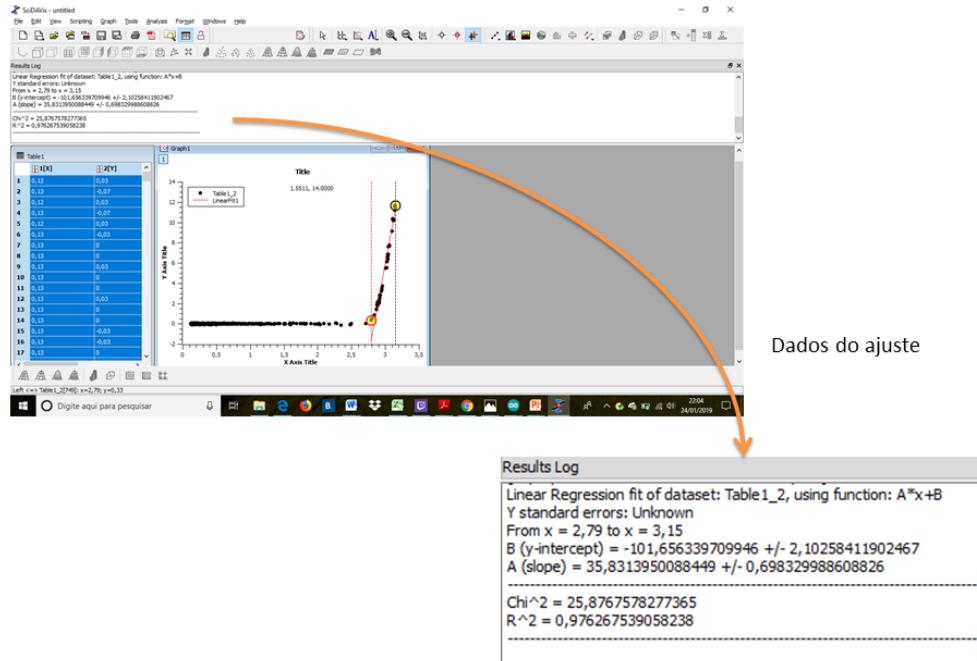


Figura 7-29. Dados do ajuste

Como pode-se observar, podemos fazer uma dedução do valor da tensão de corte apenas no “olhometro”, ou calculando o zero da função com os dados do ajuste.

$$A = 35,8 \text{ e } B = -101,65$$

Logo:

$$Ax + B = 0$$

$$35,8x - 101,65 = 0$$

$$x = \frac{101,65}{35,8} = 2,8 \text{ V}$$

Segundo a Literatura, a tensão de corte do LED Azul, o qual foi utilizado nesse tutorial, tem uma tensão de corte é aproximadamente  $T_{corte} = 3,1 \text{ V}$ , logo temos o seguinte erro percentual  $e_{\%}$ :

$$e_{\%} = \frac{valor_{teorico} - valor_{experimental}}{valor_{teorico}}$$

$$e_{\%} = \frac{3,1 - 2,8}{3,1} = 9,6$$