



F609-TÓPICOS EM ENSINO DE FÍSICA I

Observação de alguns efeitos da pressão atmosférica com desentupidor de pia e o experimento de Magdeburgo



Aluna: Larissa Gouvêa Landucci

Curso: 04 -Física/AB

E-mail: laxxxxlxducx@xxl.com.br

Orientador: Prof. Dr. Jorge Megid Neto

Campinas-SP

2s/2019

1-OBJETIVO

O objetivo desse experimento é mostrar alguns efeitos da pressão atmosférica através da exploração da aderência de um desentupidor de pia em diferentes superfícies e de uma versão simplificada do experimento de Magdeburgo. O enfoque será dado no aspecto mais qualitativo do fenômeno, ou seja, na observação e exploração das características do fenômeno e de modos variados de seu funcionamento. O público a que se destina inicialmente essa proposta consiste de crianças pequenas, nos primeiros anos do ensino fundamental, que estão sendo introduzidas à ciência, e também à pré-adolescentes dos anos finais do ensino fundamental. Porém, esse experimento pode ser facilmente adaptado para um público leigo mais geral e, a partir de um tratamento teórico um pouco mais completo, com estudantes do ensino médio.

2-INTRODUÇÃO

No ano de 1654, Otto Von Guericke, um físico, jurista, matemático e engenheiro alemão, inventou a bomba de vácuo. Ele realizou um experimento que ficou conhecido como “Hemisférios de Magdeburgo” (que leva esse nome por ter sido realizado na cidade de Magdeburgo, Alemanha, onde o cientista nasceu), em que demonstrou que mesmo um grupo formado por oito cavalos não poderia separar dois hemisférios, formando uma esfera no interior da qual se havia extraído parcialmente o ar; Esse experimento comprovou alguns dos efeitos da pressão atmosférica. Os hemisférios originalmente tinham 1,2 m de diâmetro e, segundo Von Guericke, necessitariam de uma força de 12000 N para separá-los, considerando a quantidade de ar extraída.

O cientista queria provar a existência do vácuo, algo que era muito discutido na época. O vácuo é, teoricamente, ausência total de matéria, não sendo possível alcançá-lo experimentalmente. Ainda hoje, embora sabendo que existe vácuo, as propriedades do vazio são interesse de estudo da física. Por meio desse e de outros experimentos, Von Guericke demonstrou que a atmosfera é capaz de realizar trabalho por meio da força que ela aplica.



(a) (b)

Figura 1: (a) Otto Von Guericke. (b) Gravura dos Hemisférios de Magdeburgo.

3-EXPERIMENTO A: *Ventosas usando desentupidores de pia*

Esse experimento tem como objetivo explorar o princípio de funcionamento de ventosas em diferentes superfícies.

3.1 Materiais do Experimento A

Apresenta-se a seguir a lista de materiais para o experimento A:

-Desentupidor de pia;	-Pastilha Resinada;
-Azulejo;	-Chapa de MDF revestido;
-Vidro;	-Corda de poliéster;
-Espelho;	- 12 cantoneiras de fixação de plástico;
-Tampa de Lata;	-12 parafusos;
-Tampa de plástico;	-Cadaço de rafia;
-CD;	-Presilha de plástico de varal;
-Disco de Vinil;	-MDF Perfurado;
-Tecido;	-EVA (liso e texturizado);
-Madeira Crua;	-Cola Universal.

Tabela 1: Materiais do Experimento A

3.2 Metodologia do Experimento A

Para a experiência seria apenas necessário um desentupidor e a disponibilidade de diferentes superfícies soltas para a exploração do efeito, que poderiam ser encontradas e testadas no próprio ambiente de apresentação do experimento (chão ou piso, parede, vidro de alguma porta ou janela, madeira de alguma mesa etc.). Contudo, optou-se por montar uma “Tábua de Superfícies” contendo as seguintes superfícies de teste: azulejo, vidro, espelho, tampa de lata, tampa de plástico, CD, disco de vinil, tecido, madeira crua, MDF perfurado, EVA (liso e texturizado), pastilha, resinada, MDF revestido.



(a)

(b)

Figura 2: (a) e (b); Exemplos de uma forma possível de realização do experimento A – em superfícies escolhidas.

3.3 Procedimento de Experimento A

Para esse experimento, será utilizado um desentupidor de pia que será pressionado contra diferentes superfícies e cada pessoa (crianças, jovens, adultos) tentará retirar o desentupidor, analisando a dificuldade que cada superfície impõe para a realização desse feito.

Para apresentar algumas superfícies, escolhidas pelo professor ou expositor, sugere-se a montagem de uma “tábua de superfícies”, conforme mostrado abaixo, para que os alunos ou público em geral as testem:



Figura 3: Montagem Experimental para o Experimento A.

3.4 Exploração do Experimento A (sugestões para se trabalhar com o público durante a realização do experimento):

Sugere-se ao professor ou expositor que vier aplicar esse experimento, deixar as crianças e jovens livres para testar em superfícies diferentes na sala de aula comparando a dificuldade de retirar o desentupidor em cada caso (não se restringindo apenas às escolhidas por ele como testes).

3.5 Embasamento Teórico do Experimento A

Ao pressionar o desentupidor contra uma superfície ou parede, uma parte do ar entre eles é expulsa, deixando assim, a pressão do ar interna, menor do que a externa. Com isso, os efeitos da pressão atmosférica externa sobre a superfície externa do desentupidor “gruda” o desentupidor à parede. Essa pressão age sobre a superfície externa do desentupidor do seguinte modo:

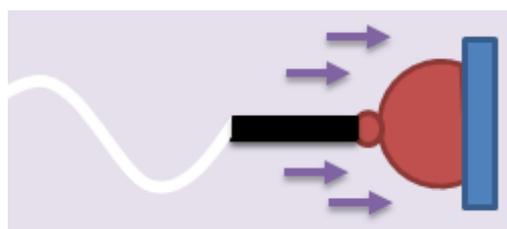


Figura 4: Diagrama de forças no desentupidor

Caso haja na parede pequenas ranhuras (superfícies mais porosas) o ar entrará gradualmente elevando a pressão interna até o momento em que o desentupidor “desgrude”. Assim, o ideal para uma observação melhor do efeito é o uso de superfícies ou paredes lisas, como azulejo, vidro transparente entre outros.

O processo de “fixação” é semelhante ao processo de formação de vácuo, situação na qual a pressão interna pode ser considerada desprezível em relação à externa (é claro que essa situação nunca será de um vácuo total).

Como não há superfícies perfeitamente lisas (considerando tanto a borracha do desentupidor, quanto a superfície a qual ele é pressionado), com o passar do tempo o ar entra e o desentupidor eventualmente vai se soltar sozinho (sem necessidade de aplicação de força externa – Ver Anexo II).

Propomos que o desentupidor seja pressionado sobre diferentes superfícies planas, como azulejo, vidro, madeira, fórmica, placa de metal, piso etc. A cada situação, deve-se observar a força necessária para se desgrudar o desentupidor e notar que, quanto menos porosa e mais lisa for a superfície, maior será essa força.

4-EXPERIMENTO B: *Hemisférios de Magdeburgo*

Esse experimento tem como objetivo, explorar os fenômenos por trás dos hemisférios de Magdeburgo, por meio de uma versão simplificada de sua estrutura original

4.1 Materiais do Experimento B

Apresenta-se a seguir a lista de materiais para o experimento B:

- Desentupidores de pia;
- Cordas de poliéster;
-Torneira de bebedouro;
-Seringa de 60 mL;
-Tubo de silicone;
-Presilhas de plástico de varal;
-Parfuso de fixação;
-Madeira crua;
-Cola de silicone;
-Fita isolante;
-Tira de velcro;
-Argolas de plástico.

Tabela 2: Materiais do Experimento B

4.2 Montagem do protótipo caseiro de Hemisférios de Magdeburgo



Figura 5: Resultados obtidos dos passos seguintes- Montagem experimental completa do experimento B.

- i. Corte o “bico” da torneira de bebedouro de forma a restar somente um tubo mais rígido e uma área periférica com as borrachas isolantes;
- ii. Faça um furo em um dos desentupidores do tamanho desse tubo, de modo a encaixá-lo e pressionar os lados opostos com as borrachas que acompanham a torneira original;
- iii. Encaixe um pedaço do tubo de silicone dentro do tubo mais rígido obtido em (i) e passe um pouco de cola de silicone para fixá-lo;

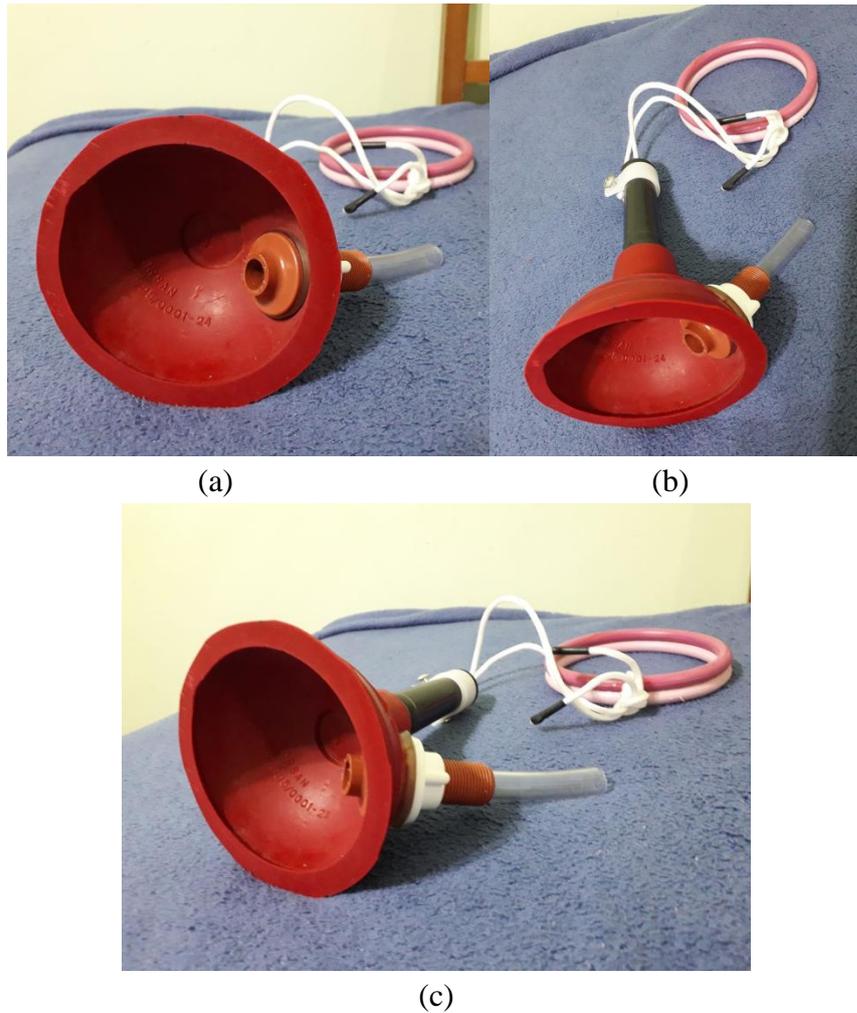


Figura 6: (a), (b) e (c) Montagem experimental dos passos anteriores em diferentes ângulos.

- iv. Com o auxílio das presilhas de varal, amarre um pedaço de corda em cada desentupidor (nos seus puxadores);
- v. Após a secagem da cola de silicone usada em (iii) encaixar a seringa na ponta do tubo de silicone (é importante escolher um tubo de silicone cujo diâmetro interno encaixe sem espaço livre a seringa), neste ponto, os hemisférios já estão prontos, e pode-se realizar a experiência B com eles.



Figura 7: (a), (b), (c) e (d) Acionamento da seringa para retirada ar, passo a passo.

4.3 Procedimentos do Experimento B

Para esse experimento, utiliza-se a seguinte configuração, com a seringa sendo utilizada como uma bomba de vácuo manual, que é obtida realizando-se os passos anteriores de i a v:



Figura 8: Montagem Experimental Obtida dos Passos Anteriores para o Experimento B.

4.4 Exploração do Experimento B (sugestões para se trabalhar com o público durante a realização do experimento):

Sugere-se mostrar que antes de se retirar o ar, os hemisférios eram facilmente separados e seguir com retiradas sucessivas do fluido no interior dos hemisférios e dialogando com o público a respeito dos efeitos observados, com o auxílio de três voluntários (um que retire o ar aos poucos e outros dois para tentar separar os hemisférios) que nortearão a discussão.

O embasamento teórico sugerido será exposto no tópico seguinte.

É interessante nesse caso trabalhar mais com a história do que com o efeito da pressão, que é melhor trabalhado em A.

4.5 Embasamento Teórico do Experimento B

Antes de detalhar a teoria na qual se baseia o experimento, é interessante transcrever uma passagem do livro de Otto Von Guericke, o *Otonis de Guericke Experimenta nova (ut vocantur)*, em que ele relata a dificuldade da retirada do ar, no processo de criação de sua bomba de vácuo, e seu espanto com a força exercida por este:

Depois que a porosidade da madeira foi atestada pela minha inspeção, assim como pela investigação, pareceu-me que para os meus propósitos uma esfera de cobre [...] seria mais adequada. Essa esfera [...] foi equipada com uma torneira de latão na parte superior [...]; e na parte inferior a bomba foi introduzida e fixada a ela. Então eu novamente comecei, como antes, a retirar dela toda água e ar. Primeiramente, o pistão se moveu facilmente, mas logo se tornou mais difícil movê-lo, de forma que dois homens fortes tinham dificuldade para movê-lo. [...] quando eu já pensava que quase todo o ar tivesse sido retirado, repentinamente com um forte barulho e para grande espanto nosso, a esfera de metal foi esmagada como uma roupa pode ser apertada entre os dedos, ou como se a esfera tivesse sido arremessada do alto de uma torre sofrendo um choque violento. Pensei que a causa disso fosse a inabilidade dos artesãos, que talvez não tivessem feito essa esfera perfeitamente esférica. [...] Foi então necessário que os artesãos fizessem uma esfera perfeitamente redonda. Dessa esfera o ar foi bombeado, no início com facilidade e depois com mais dificuldade. [...] Quando abrimos a torneira superior [...], o ar entrou com tal força que parecia que a esfera de cobre seria capaz de dragar um homem que estivesse diante dela [...]. Embora a esfera parecesse completamente vazia [repetiu-se o procedimento com a bomba], ainda assim a experiência mostrou que quando deixada por um ou dois dias, ela novamente se enchia de ar. [...]. Era, então, necessário evitar esse defeito [...].
(SILVA, D. M. **A natureza tem horror ao vácuo?**, 2013, p. 24).

O experimento proposto tem como base o experimento dos Hemisférios de Magdeburgo, que consistiam em duas meias esferas de metal cujo ar era extraído de seu interior a partir de uma bomba de vácuo.

Para um efeito mais expressivo seria necessária a utilização de uma bomba de vácuo em nosso experimento, contudo, visando manter o experimento mais acessível e de fácil observação para o público em geral, optou-se pelo uso de materiais de baixo custo.

Para tanto, utilizam-se dois desentupidores de pia, sendo que em um deles foi adaptada uma seringa de injeção sem agulha, conforme mostra a figura a seguir:



Figura 9: Montagem Experimental para o Experimento B.

Ao ser suspenso o êmbolo da seringa, o ar no interior dos desentupidores expande-se (ocupando também a seringa) e, com isso, a pressão interna no meio formado pelos desentupidores cai, ficando menor que a pressão atmosférica externa.

A diferença de pressão será dada pela diferença de densidade do fluido contido no interior e no exterior dos hemisférios, já que o experimento consiste no aumento do volume comportado pelo gás através do uso da seringa.

Sugere-se que, para um público leigo, trate-se o problema como a retirada efetiva de certa quantidade de ar do meio interno formado pelos dois desentupidores, porção de ar esta que ficará contida no interior da seringa.

Toda a área exterior da esfera, formada pelos dois hemisférios, estará sujeita às forças de pressão exercidas pelo ar de todos os lados (visto que $PA_{esfera} = F$). O que oferece uma força de resistência à separação dos dois desentupidores.

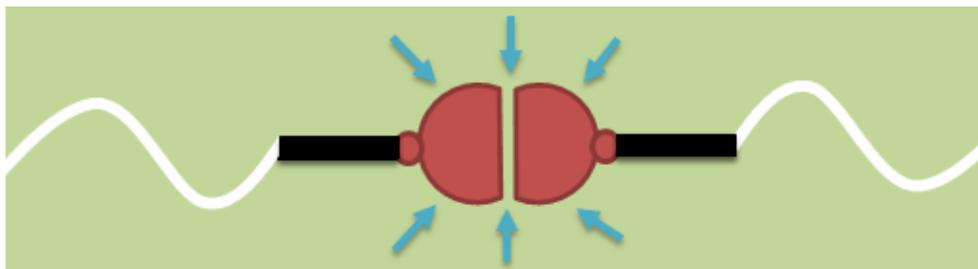


Figura 10: Diagrama de forças nos Hemisférios

Matematicamente, a força necessária para separar as duas esferas é dada por:

$$F = A_{esfera} \Delta P$$

Em que A_{esfera} e ΔP é a diferença de pressão entre as partes interna e externa de cada hemisfério.

A área da esfera será dada por:

$$A_{esfera} = A_{hemisfério1} + A_{hemisfério2} \xleftarrow{\text{Como } A_{hemisfério1} = A_{hemisfério2}} 2A_{hemisfério} = 4\pi R^2$$

A pressão do ar depende da altitude de acordo com a tabela:

Altitude (Km)	Pressão Atmosférica (mm Hg)
0	760
1	600
2	480
4	300
6	170
8	120
10	100

Tabela 3: Pressão Atmosférica com Relação a Algumas Altitudes

A pressão no interior dos hemisférios (ou da esfera) será dada através da fórmula:

$$P = \frac{\rho RT}{M_{Ar}}$$

Em que ρ é a densidade, T é a temperatura em Kelvin, M_{Ar} é a massa molar do ar e R é a constante universal dos gases.

Em condições normais de temperatura e pressão (CNTP), M_{Ar} e ρ são dados por:

Massa Molar	28,9645 g.mol ⁻¹
Densidade do Ar	1,2922 Kg.m ⁻³

Tabela 4: Características do Ar

A definição de densidade (ou massa específica) é:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Em que m é a massa e V é o volume que é ocupado por essa quantidade de massa. Ao puxar o êmbolo da seringa, aumenta-se o volume ocupado pelo ar, alterando a densidade como mostrado:

$$\rho^* = \frac{m}{V_{Esfera+Tubo+Seringa}}$$

Desse modo, a força necessária para separar os dois hemisférios será:

$$F = A_{Esfera} (P_{Ar} - P_{Interna})$$

5-OPINIÃO DO ORIENTADOR

A aluna Larissa desenvolveu um trabalho que, na minha opinião, atende plenamente os objetivos de construir um protótipo para exploração de fenômenos físicos com materiais de baixo custo e fácil acesso e que possa ser utilizado em espaço escolar e em exposições de divulgação científica.

Discuti inicialmente algumas sugestões de projeto a ser realizado pela aluna Larissa, em especial uma proposta sugerida pelo Prof. Lunazzi a respeito dos Hemisférios de Magdeburgo. Após algumas pesquisas na internet, ela acabou se interessando pelos experimentos dos Hemisférios.

Após, discutimos algumas possibilidades de como fazer, usando desentupidores de pia, eventuais semiesferas metálicas ocas (cascas semiesféricas), uso de bomba de vácuo etc. A aluna Larissa encontrou uma solução bastante criativa de sua parte, qual seja usar uma grande seringa de injeção ao invés da bomba de vácuo e trabalhar com os desentupidores de pia. Assim, obteve um experimento caseiro e de baixo custo, que pode ser utilizado em qualquer tipo de escola, em feiras de ciências e exposições científicas destinadas a público em geral. Discutimos algumas variantes do protótipo que ela montou, os testes em diferentes superfícies com apenas um desentupidor, a questão do “vácuo” criado no interior dos dois desentupidores ao se movimentar o êmbolo da seringa (na realidade, uma redução da pressão interna por expansão do volume de ar interno e não por extração do ar) entre outros aspectos.

Por fim, a aluna Larissa montou um painel com diferentes tipos de superfície mais lisas ou mais porosas visando facilitar a exposição do fenômeno e exploração de alguns efeitos da pressão atmosférica, a partir de um material caseiro, o desentupidor de pia. O painel, a meu ver, é bastante criativo e ilustrativo, tendo sido pensado exclusivamente pela aluna. Também ela construiu um pequeno quadro para que aqueles que entram em contato com o fenômeno possam estabelecer uma seqüenciação e classificação de superfícies de maior ou menor aderência. Para crianças e jovens este quadro favorece o desenvolvimento das capacidades de sequenciar e classificar, importantes na atividade científica e educacional.

Enfim, a aluna Larissa denotou ao longo do desenvolvimento destes experimentos muita criatividade, responsabilidade e interesse pelo projeto, realizando todas as fases com muita motivação. Demonstra ótimo senso investigativo e preocupação com o

aproveitamento dos experimentos em diferentes realidades educacionais formais e não-formais.

6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REYNOL, F.; BELISÁRIO, R. **A física do “vazio”**. Organização dos Estados Ibero-Americanos, ano. Disponível em:
<https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/reportajes_400.htm> Acesso em: 25 de outubro de 2019.

Justificativa: A referência acima foi usada na construção da introdução como suporte para o estudo e definição do conceito de vácuo.

VAIANO, Bruno. **Cientistas provam que o vácuo do universo não é tão vazio assim**. Revista Galileu, 2016. Disponível em:
<<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2016/12/cientistas-provam-que-o-vacu-o-universo-nao-e-tao-vazio-assim.html>> Acesso em: 25 de outubro de 2019.

Justificativa: A referência acima foi usada, como apoio à primeira, na construção da introdução como suporte para o estudo e definição do conceito de vácuo.

CIÊNCIA VIVA. Discos de Magdeburgo. Disponível em PDF em:
<kwak.freehostia.com> Acesso em: 25 de outubro de 2019.

Justificativa: A referência acima foi usada, na construção do embasamento teórico, mais especificamente, na fórmula para força necessária para separar os dois hemisférios relacionada com a diferença de pressão.

SILVA, D. M. **A natureza tem horror ao vácuo?:** Uma reflexão sobre o estabelecimento do peso do ar e a definição de pressão atmosférica. Monografia. Licenciatura em Física. Universidade Estadual Maringá. 2013.

Justificativa: A referência acima foi usada na construção da introdução fornecendo dados históricos sobre Otto Von Guericke e a construção dos hemisférios originais.

GAZETA DE FÍSICA. Vol. III, fasc. 2, pág. 50-53. O tricentenário da experiência dos hemisférios de Magdeburgo (1654). Outubro de 1954

Justificativa: A referência acima foi usada na construção da introdução, como suporte à anterior (4), fornecendo dados históricos adicionais sobre Otto Von Guericke e a construção dos hemisférios originais.

Wikipedia, 2019. **Densidade do ar**. Disponível em:
<https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Densidade_do_ar> Acesso em: 25 de outubro de 2019.

Justificativa: A referência acima foi usada na construção do embasamento teórico fornecendo dados teóricos da massa molar e da densidade do ar.

GOUVEIA, Rosimar. **Pressão Atmosférica. Toda Matéria.** Disponível em: <<https://www.todomateria.com.br/pressao-atmosferica/amp/>> Acesso em: 25 de outubro de 2019.

Justificativa: A referência acima foi usada na construção do embasamento teórico fornecendo dados usados na tabela que relaciona altitude com pressão atmosférica.

Halliday, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica.** 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

Justificativa: A referência acima foi usada na construção do embasamento teórico fornecendo as demais fórmulas usadas (pressão e densidade).

HARADA, J. **Como funciona uma ventosa?.** Super Interessante, 2018. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-uma-ventosa/>> Acesso em: 27 de outubro de 2019.

Justificativa: A referência acima foi usada na construção do embasamento teórico fornecendo as informações sobre o funcionamento de ventosas.

ANEXO I

Um pequeno quadro foi construído para que os alunos pudessem classificar as superfícies, conforme citado pelo orientador. Dois tipos de classificações foram usados conforme mostrado abaixo:

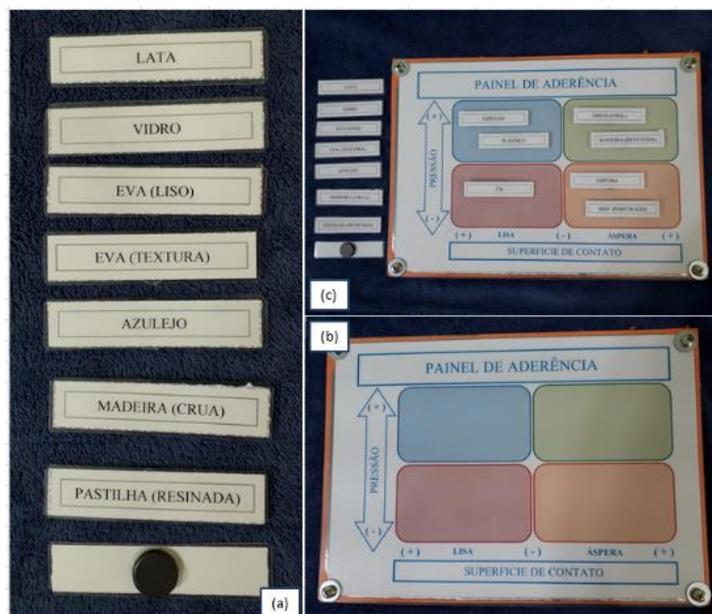


Figura 11: (a) Identificação das superfícies sendo que a última mostra o verso com o ímã usado para fixação no quadro (que foi montado com uma placa de metal atrás da folha de classificação) (b) e (c) Primeira forma de classificação, separação de superfícies de acordo com a pressão sobre o desentupidor e a característica da textura da superfície.



Figura 12: Segunda forma de classificação, ordenação de superfícies de acordo com a pressão sobre o desentupidor (ela foi colocada sobre a primeira com o auxílio de ímãs).

O painel não foi mencionado no relatório, por não acrescentar muito ao objetivo proposto.

ANEXO II

Para justificar o argumento “Como não há superfícies perfeitamente lisas (considerando tanto a borracha do desentupidor, quanto a superfície a qual ele é pressionado), com o passar do tempo o ar entra e o desentupidor eventualmente vai se soltar sozinho [...]”, foram feitos alguns testes em algumas das superfícies da tábua (cuja montagem foi descrita acima) e em outras (que podem vir a ser usadas, se o professor deixar os alunos testarem livremente o efeito de ventosas). Os resultados estão expostos abaixo:



Figura 13: Exemplo de teste do desentupidor em outras superfícies. Neste caso uma parede.

Superfície	Tempo
Espelho	262,58 s
Parede	09,17 s
Espuma	00,00 s
Madeira Revestida	44,82 s
Madeira Crua	03,27 s

Tabela 5: Algumas superfícies e o tempo em que o desentupidor leva para se "desgrudar".