

**Evento:** XX Jornada de Extensão

## **FÍSICA PARA TODOS: A CONSTRUÇÃO DE UMA RODA D'ÁGUA<sup>1</sup>** **FÍSICA PARA TODOS: THE CONSTRUCTION OF A WATER WHEEL**

**Leonardo Armando Frizzo<sup>2</sup>, Victor Noster Kürschner<sup>3</sup>, Mateus Felzke Schonardie<sup>4</sup>, Nelson Adelar Toniazzo<sup>5</sup>, Pedro Afonso Schmidt<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Projeto de extensão do projeto Física para todos.

<sup>2</sup> Aluno do curso de Engenharia Elétrica, bolsista PIBEX-UNIJUI projeto Física para todos.

<sup>3</sup> Aluno do curso de Engenharia Elétrica, bolsista PIBEX-UNIJUI projeto Física para todos.

<sup>4</sup> Professor da UNIJUI Extensionista, orientador do projeto Física para todos.

<sup>5</sup> Professor da UNIJUI, coordenador do projeto Física para todos.

<sup>6</sup> Técnico do Laboratório de Física.

### **INTRODUÇÃO**

Na perspectiva de promover a difusão e a popularização da Física para todos os segmentos da sociedade (pessoas escolarizadas e não escolarizadas), o projeto de extensão universitária "Física para Todos" desenvolve suas atividades desde 1997 em espaços formais e não formais de educação, através de um museu interativo itinerante de Física, com exposições temporárias de curta duração. Nessas exposições, o visitante é incentivado a interagir com os experimentos, sendo desafiado a explicitar suas próprias concepções sobre o fenômeno físico observado valorizando, sobretudo, os saberes populares. As explicações de cunho científico são apresentadas na medida em que o visitante demonstra interesse pelos princípios da Física e quando outras explicações do senso comum, por ele manifestadas, se mostram demasiadamente limitadas e inconsistentes. Cada equipamento vem acompanhado de um pequeno cartaz no qual consta as informações básicas necessárias para interagir com os materiais e para realizar o experimento. Nesse cartaz é geralmente lançada uma questão desafio com o objetivo de levar o visitante a pensar, a formular ideias e a dar suas próprias respostas. O uso de orientações em cartazes para a execução dos experimentos é muito importante, pois esse procedimento dispensa, na maioria das vezes, a presença constante dos monitores para auxiliar o visitante. Parte dos equipamentos/experimentos que compõem o atual museu itinerante foram desenvolvidos pela equipe executora do projeto com o apoio de serviços de terceiros e da infraestrutura das oficinas e dos laboratórios da Universidade. Para desenvolver um experimento, o ponto de partida é o princípio físico e, com base nele, procura-se materializar a ideia mediante a confecção de um equipamento protótipo e, depois de testado e avaliado, é construído o equipamento final que atenda as especificidades do projeto. Com base nesses pressupostos, descrevemos o desenvolvimento de uma roda d'água como um exemplo de mecanismo que transforma energia.

### **UM POUCO SOBRE A RODA D'ÁGUA**

De acordo com o estudo de Linsingen (2003) as primeiras rodas d'água foram construídas por volta de 200 a.C. Esses equipamentos, por se constituírem nas primeiras "máquinas" desempenharam um papel importante durante séculos passados, em relação aos processos de

**Evento:** XX Jornada de Extensão

produção de alimentos, especialmente de farinha e de açúcar. Além disso são utilizadas para acionar engenhos de serra, bombas de recalque de água ou até pequenos geradores elétricos. A roda d'água também conhecida como roda hidráulica é capaz de transformar a energia útil da água que escoia [cinética e potencial gravitacional] em energia cinética de rotação, permite que uma forma de energia de entrada seja convertida em energia mecânica útil. Conforme Souza (2011) a forma com que a água atinge a roda determina o tipo de roda d'água, assim as mesmas podem ser classificadas como rodas de cima, rodas de lado, rodas de baixo e rodas flutuantes. A roda d'água acionada por cima, é um tipo comum de roda encontrada nas regiões do Brasil.

Segundo M. Breese (1969), as rodas de cima são constituídas de duas coroas circulares, paralelas, com o fundo em superfície cilíndrica, local aonde partem os raios que são fixados ao eixo. Paredes curvas, à guisa de pás, dividem o espaço periférico formado pelas coroas e o fundo, tendo um determinado número de cubas iguais. Diferente de como ocorre nas turbinas, a água não exerce nenhuma ação de impulsão sobre as pás da roda. As pás tem por finalidade atuar como paredes das cubas, onde seu formato curvo permite uma melhor entrada e retenção de água num maior ângulo de inclinação. Uma queda d'água é direcionada para a parte superior da roda d'água, fazendo com que suas cubas sejam preenchidas pela corrente d'água, por consequência aumentando de peso. A cuba preenchida tende a descer, por diferença de potencial, e com isso faz a roda girar através do torque gerado no seu eixo. Ao passo que a cuba desce, esta vai despejando água e seu peso diminuindo, no entanto a cuba que passa pelo fluxo d'água na parte de cima da roda fica mais pesada, com este ciclo a roda d'água funciona ininterruptamente, enquanto existir água (MACINTYRE, 1983).

O projeto do formato das caçapas é realizado com o propósito de que estas retenham água por maior tempo possível (até o nível mais baixo), aumentando a força peso, e por conseguinte o torque. O torque primário que é gerado no eixo da roda, é utilizado para diversos fins, muitas vezes transmitidos a outros sistemas (JUNIOR, 2007). Para transportar a água até a roda d'água necessita-se especificar e dimensionar a tubulação que transportará o fluido. Desta forma é necessário determinar um diâmetro mínimo que suportará a vazão d'água estabelecida. Quando o torque primário é transmitido a outros sistemas um conjunto de elementos estão presentes. As engrenagens são um deles, compostas geralmente de rodas dentadas que se ligam a um eixo rotativo, ao qual causam movimento. O funcionamento do mecanismo de engrenagens funciona aos pares, aonde os dentes de uma acasalam-se aos dentes da outra. A razão entre as velocidades angulares e os torques do eixo será constante, quando os dentes de um par de engrenagens acasaladas estiverem em círculo. Se o arranjo dos dentes não for de forma circular, a razão de velocidade terá variações, porém a maioria das engrenagens é feita de forma circular. Para que haja a possibilidade de transmitir movimento uniforme e contínuo, deve-se ter um cuidado na moldagem das superfícies de contato da engrenagem, de acordo com um perfil ou forma específica. Estando no eixo receptor (eixo da roda d'água) a menor roda de engrenagens do par (o pinhão), o trem de engrenagem opera na redução da velocidade e no aumento do torque; se a roda de engrenagens maior está no eixo receptor, o trem vai atuar como um acelerador de velocidade e redutor de torque (DEMOLINER et al., 2007).

**Evento:** XX Jornada de Extensão

A razão entre o número de dentes nas rodas é diretamente proporcional à razão de torque e inversamente proporcional à razão das velocidades de rotação. Se a coroa (roda maior) tem o dobro de dentes do pinhão, o torque da engrenagem é duas vezes maior que o do pinhão, ao passo que a velocidade deste é duas vezes maior que a da coroa. Muitas vezes a rotação do eixo da roda d'água é insuficiente para o funcionamento adequado de uma aplicação, por exemplo, gerar eletricidade. Nesse caso, é necessário implementar um multiplicador da velocidade.

## METODOLOGIA

### A construção do Equipamento

A construção em escala de uma roda d'água, com elementos de transmissão de velocidade e torque foi um desafio encontrado, inicialmente no sentido teórico, uma vez que houve a necessidade de buscar e organizar conhecimentos sobre o tema. No sentido prático, o desafio identificado foi que a partir da relação de materiais, teve-se que efetivamente, construir o equipamento. A construção do mecanismo está descrita a seguir. A construção desse instrumento está baseada na roda d'água existente em uma propriedade rural, no interior do município de Humaitá, no Rio Grande do Sul. Há exatos 60 anos a Família Krupp, recém-instalada na localidade de Herval Grande, interior de Humaitá (na época pertencente ao município de Três Passos), colocava em funcionamento a primeira roda d'água para garantir o funcionamento de uma marcenaria e uma ferraria. Desde então, o mecanismo nunca deixou de funcionar, registrando somente duas paradas rápidas para a troca da roda. A atual roda, a terceira, recebe água de um riacho, Sanga das Olarias, em uma bica de 100 metros, que após passar pela roda d'água desemboca no rio Lajeado Grande. Hoje é atração turística e recebe jovens estudantes da região, que observam no local como é possível produzir energia sem agredir o meio ambiente e integra o consórcio turístico Rota do Yucumã.



Figura 3: Detalhes da roda d'água e engrenagens de transmissão internas

Tendo como base a roda d'água visualizada na Figura 3, foi construído uma réplica do mecanismo



**Evento:** XX Jornada de Extensão

em escala reduzida. Utilizando como referência o diâmetro real da roda d'água, com dimensão de  $\varnothing = 7,5\text{m}$ . Logo após, Atribui-se um fator de escala para confeccionar a roda d'água, as engrenagens e a polia de alta rotação. Primeiramente foi arbitrado o diâmetro de  $0,80\text{m}$  para a roda e então dividido esse valor por  $7,5\text{m}$  (diâmetro da roda em tamanho real), obtendo um fator de escala de  $0,10$  ( $1:10$ ). Então este fator de escala foi aplicado nas demais engrenagens do sistema.

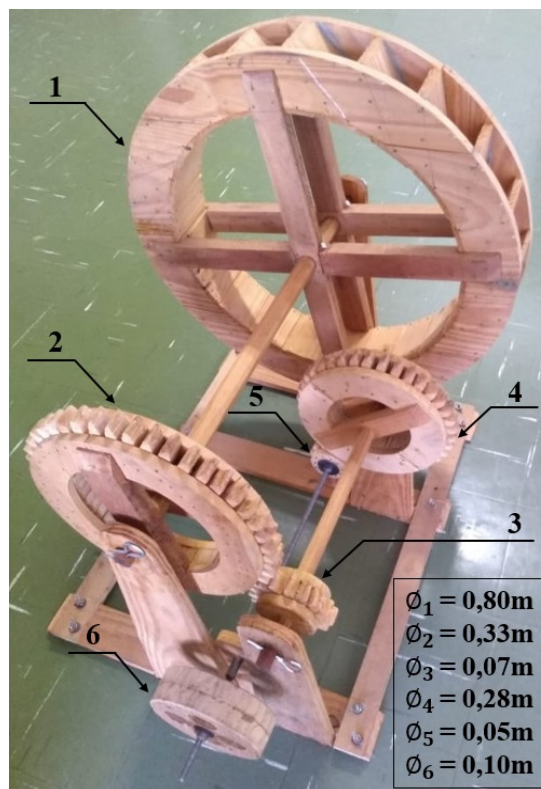


Figura 4: Roda D'Água, Engrenagens e Polia construídos e seus respectivos diâmetros

Após calcular o fator de escala, iniciou-se o processo de construção do equipamento. Começando separadamente por partes, primeiramente pela roda d'água (1), a qual foi construída em pedaços separados, chamados de cambotas de madeira. As cambotas foram fixadas pelas cubas (repartições de madeira), dois raios de madeira em formato de X e no seu devido eixo. As engrenagens (2 e 4) foram fabricadas da mesma maneira que a roda (1), através de cambotas de madeira, que foram fixadas nos dentes, em dois raios de madeira e em seus eixos específicos. As engrenagens (3 e 5) foram feitas com duas rodas de madeira fixadas nos dentes e nos seus respectivos eixos. O eixo que conecta a roda (1) e a engrenagem (2) foram fabricados em madeira, da mesma forma que o eixo que conecta a engrenagem (3) e (4). Apenas o eixo que conecta a engrenagem (5) com a polia de alta rotação (6), houve a necessidade de ser de ferro. Por fim, foi construído os mancais de apoio para os eixos da roda (1), engrenagens (2, 3, 4 e 5) e polia (6), finalizando a montagem de todo o mecanismo, que pode ser visualizado na Figura 4.

**Evento:** XX Jornada de Extensão

## Os conceitos da Física

O processo de construção da roda d'água constitui-se em uma atividade que foi necessário desenvolver/praticar habilidades como medir, comparar, analisar, relacionar entre outras. Para além disso, a compreensão/aplicação de alguns conceitos físicos, que foram fundamentais para o êxito na construção e funcionamento do equipamento. Conceitos da cinemática rotacional e translacional como velocidade linear, velocidade angular, e os diferentes modos da transmissão da velocidade. Também foram importantes os conceitos de dinâmica como forças, torques e sua transmissão e um entendimento sobre os diferentes tipos de energia e suas transformações. O modo como deu-se a relação entre a teoria e a prática nesse processo de construção foi bastante enriquecedor no sentido pedagógico. Por exemplo, era sabido da relação matemática de transmissão de velocidade linear e torque em rodas dentadas [teoria], no entanto, foi indispensável outras relações e comparações para definir a construção da forma e número de "dentes" que seriam necessários em cada engrenagem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em atividades dessa natureza, como foi a construção desse equipamento, requer por parte dos integrantes habilidades e atitudes nem sempre presentes em atividades de sala de aula ou em manuais didáticos. Saber compartilhar do trabalho coletivo, manipular corretamente uma ferramenta ou equipamento, a execução e aferição, por exemplo de um 'encaixe", entre outras ações, estiveram presentes nesse processo com certeza, contribuindo para a formação dos alunos envolvidos. Esse equipamento também poderá ser utilizado em disciplinas de Física, do Núcleo Comum das Tecnologias, quando há necessidade, especificamente em Física I, quanto da abordagem do tópico de cinemática e dinâmica rotacional. Também existe uma pretensão de aprimoramento do equipamento no sentido de acoplar ao mesmo, outros mecanismos de transformação e energia e trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1)DEMOLINER, Bruno et al. **RODA D'ÁGUA**. Novo Hamburgo: [ S.n.], 2007. 14 p. CURSO TÉCNICO EM MECÂNICA. Disponível em: . Acesso em: 22 maio 2019. (2)ECKERT, Jony Javorski. **Desenvolvimento de um Manual para Construção de Rodas D'água**. 2010. 177 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Passo Fundo - Upf, Passo Fundo, 2010. Cap. 6. Disponível em: . Acesso em: 11 jun. 2019. (3)JUNIOR, A.S. **Energias Renováveis**. FAPEPE, 2007. Itajubá. Disponível em:. Acesso em: 11 jun. 2019. (4)SOUZA, Jeferson Carneiro de. **Desenvolvimento de Aplicativo de Análise Técnica e Econômica para Adaptação de Uma Roda D'água Acionada por Cima para Geração de Energia Elétrica no Meio Rural**. 2011. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011. Cap. 8. Disponível em: . Acesso em: 11 jun. 2019. (5)BRESSE ,M. **Hydraulic Motors**.1969.