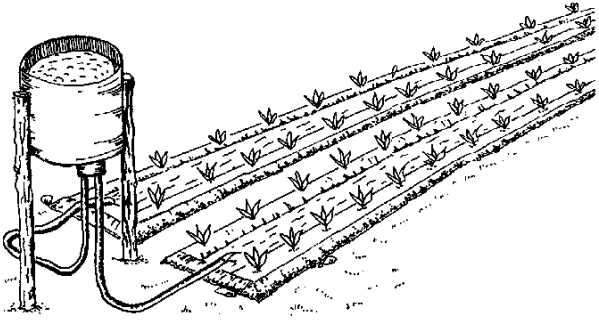
A Física da Irrigação



Mestrado Nacional Profissional
Em Ensino de Física
(MNPEF)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
(UFC)

Física da Irrigação

Autor
Luiz Paulo Fernandes Lima
(IFRN)

Orientador e Consultor
Prof. Dr. João Hermínio da Silva
(UFCA)

Revisão da Física
Prof. Ms. Alex Samyr Mesquita Barbosa
(IFCE)

Revisão Textual
Prof. Adriano de Sousa Santiago
Revisor de Textos
(UFC)

Este livreto é o produto final do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Tem como objetivo mostrar a Física Hidrostática através dos sistemas de irrigação de baixo custo, orientando alunos e professores quanto aos conteúdos que devem ser ministrados. Há também orientações de como construir alguns materiais de irrigação para frutos e hortaliças. Este material pode ser utilizado por qualquer turma de ensino médio que possua na sua grade curricular a disciplina Hidrostática.

DEDICATÓRIA

Para Samya Mesquita, minha esposa, que me ajuda, motiva e me incentiva diariamente nesta árdua vida de educador. Aos amigos Adriano de Sousa Santiago, João Hermínio da Silva e Alex Samyr Mesquita Barbosa pelo auxílio nas correções textuais e científicas. Aos meus alunos, pois sem eles o projeto não seria possível. Ao IFRN *campus* Pau dos Ferros pelo auxílio na execução do projeto e por acreditar no meu potencial enquanto pesquisador.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 6

CAPÍTULO 1 10

CONCEITOS FÍSICOS FUNDAMENTAIS 10

1. Massa Específica 12
2. Pressão 16
3. Pressão Atmosférica 17
4. Pressão Hidrostática 21
5. Princípio de Pascal 26
6. Empuxo 28
7. Dinâmica dos Fluidos 29

CAPÍTULO 2 34

REGRAS BÁSICAS PARA IRRIGAÇÃO 34

CAPÍTULO 3 40

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO 40

1. Sistema de irrigação localizada (garrafas PET) 45
2. Sistema de irrigação localizada (xique-xique) ... 50

3. Sistema de irrigação por microaspersores (artesanais) 54

4. Sistema de Irrigação por microaspersores (caixa d'água artesanal) 58

CAPÍTULO 4 63

OUTROS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO 63

1. Irrigação por superfície (Sulcos) 63

2. Irrigação por inundação 66

CAPÍTULO 5 70

APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS NOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO 70

1. Bombas Hidráulicas 71

2. Sensores de Umidade 73

3. Sensores de Temperatura 75

4. Sensores de Vazão 77

5. Temporizador Eletrônico 79

CONCLUSÃO 81

BIBLIOGRAFIA 85

APRESENTAÇÃO

A água é um recurso natural de que todos os seres vivos necessitam. Alguns a utilizam para saciar a sede, outros para alívio do calor e nós a utilizamos, além destes citados, para praticar atividades agrícolas, fundamental para sobrevivência.

Quantificar o consumo de água das plantas de forma mais precisa significa ter que melhorar as metodologias existentes, buscando-se novas técnicas que permitam avaliações mais rápidas, simples e precisas, razão pela qual têm sido desenvolvidos e testados numerosos métodos capazes de determinar diretamente esta quantidade de água consumida (Almeida et. al., 2016).

No entanto, nosso planeta vem passando por grandes transformações ao longo dos anos e o nosso principal recurso

natural vem se tornando cada vez mais escasso. Pensando nas diversas maneiras de utilização eficaz da água e evitando sua total escassez, é necessário que o ser humano tenha conhecimentos básicos nos vários ramos das ciências. Conhecimentos fundamentais sobre os tipos de vegetais que serão cultivados, sobre o solo, o clima, a temperatura e, principalmente, sobre os métodos de captação, armazenamento e condução da água que serão utilizados, tornam-se essenciais para a preservação do nosso bem.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA)[1], mais da metade dos municípios brasileiros podem ficar sem água nesta década, caso providências emergenciais não forem tomadas. A falta de chuvas e o mau uso deste recurso natural contribuem para esta situação calamitosa no país. A crise do déficit de água está cada vez mais próxima devido à

---

[1] *Disponível em www.ana.gov.br*

má distribuição de água pelo território brasileiro e pelo desperdício causado pela população.

Este livro tem como principal objetivo mostrar os conceitos básicos da Física aplicada em diversos tipos de irrigação, bem como expor algumas regras básicas dos diversos métodos e demonstrar alguns meios de irrigação que possibilitem a utilização de materiais de baixo custo ou reaproveitáveis e que traga o melhor e o mais consciente aproveitamento de água.

Durante a leitura, serão apresentados alguns meios de irrigação de baixo custo, principalmente por gotejamento e microaspersão - irrigação por superfície - e algumas aplicações tecnológicas na irrigação. Certamente, algumas destas aplicações poderão facilmente ser reproduzidas para utilização nos jardins de sua residência como também nas suas plantações, caso as tenha.

O público-alvo que este livro pretende alcançar são os estudantes dos cursos técnicos em Alimentos, Agronomia, Agropecuária e áreas afins dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia do Brasil. Entretanto, qualquer leitor que tenha curiosidade em aprender sobre técnicas de irrigação através do olhar da Física também é convidado a passear pelas próximas páginas.

CAPÍTULO 1

CONCEITOS FÍSICOS FUNDAMENTAIS

Líquidos e gases fazem parte do grupo dos fluidos que a Física explica como substância que toma facilmente a forma do recipiente que o contém, devido à mobilidade das suas moléculas que podem deslizar umas sobre as outras, no caso dos líquidos, ou deslocar-se livremente, no caso dos gases.

Os conhecimentos sobre fluidos têm vasta aplicação no cotidiano. Um engenheiro civil utiliza-os para construir barragens, um médico para aferir a pressão arterial, um mecânico utiliza-os para avaliar o sistema de freio de um carro e um agrônomo usa-os nas irrigações.

Os ramos da Física que estudam os fluidos são conhecidos como Hidrostática e

Hidrodinâmica, e dentro desses ramos há vários conceitos fundamentais e relevantes para o entendimento das diversas formas de irrigação. Alguns destes conceitos serão explicados nesta seção e outros, mais complexos, serão explicados de acordo com a necessidade do tipo de irrigação.

Quando se fala de irrigação, o primeiro pensamento que nos vem à memória é justamente a utilização da água. De acordo com qualquer dicionário da língua portuguesa, a definição de água é

Líquido natural (H_2O), transparente, incolor, geralmente insípido e inodoro, indispensável para a sobrevivência da maior parte dos seres vivos.[2]

---

[2] *Disponível em www.dicionariodoaurelio.com.br*

1. Massa Específica

Em líquidos ou em sólidos, as moléculas ficam muito próximas entre si e exercem forças entre elas, comparáveis às forças que ligam os átomos para formar as moléculas. Elas, em um líquido, formam ligações de curto alcance, que são continuamente quebradas e refeitas, graças à proximidade delas quando vão se encontrando. Estas ligações fazem com que o líquido permaneça neste estado, caso contrário elas facilmente vaporizariam. A razão entre a massa de um corpo e seu volume é sua massa específica.

$$massa\ específica = \frac{massa}{volume}$$

$$\mu = \frac{m}{v}$$

As unidades de medida mais utilizadas são $g/cm^3 = 10^3\ kg/m^3$.

A tabela a seguir mostra algumas substâncias e suas respectivas massas específicas.

Substância	Massa específica (g/cm^3)
Etanol	0,79
Água doce	1,00
Água salgada	1,03
Ferro	7,90

Fonte: Física para Cientistas e Engenheiros, 2011.

Vale salientar que a massa específica de uma substância não é necessariamente igual à densidade de um corpo formado totalmente dessa substância. Elas são diferentes quando o corpo não é maciço. Se o corpo possui em seu interior espaços vazios, ele ocupa um volume bem maior do que ocuparia se fosse maciço (ou seja, misturado com outros materiais ou contendo ar no seu interior). Assim, para os fluidos a massa específica terá o mesmo valor

numérico que a densidade, pois em estado de equilíbrio nunca tem-se um fluido oco.

É importante ter clareza de que a massa específica é definida para uma substância e que a densidade é definida para um corpo.

Isso justifica o fato de uma barra de ferro afundar na água, no entanto um navio feito de ferro não. A quantidade de ar acumulada dentro do navio faz com que seu volume seja muito grande, diminuindo o valor da sua densidade. Outro motivo que favorece a flutuação do navio é o fato de a água salgada ser mais densa que a água doce.

Física divertida

O que pesa mais, 1 kg de chumbo ou 1 kg de algodão?

Essa pergunta é uma piada antiga, uma "pegadinha" para as crianças. Não tem nada mais sem graça que explicar piada, mas nesse caso nos interessa revelar o conceito por trás dessa brincadeira inocente. Até as crianças sabem que o chumbo é pesado e o algodão é leve. Por isso, intuitivamente, muitas crianças respondem que um quilograma de chumbo pesa mais. Na verdade, as crianças estavam apenas comparando as qualidades intrínsecas desses dois materiais. O chumbo, de fato, pesa mais que o algodão, quando ambos ocupam um mesmo volume. A isso nós chamamos densidade.

2. Pressão

Essa grandeza física representa a relação entre a força e a área em que esta é aplicada.

Quando mergulhamos uma bexiga cheia de ar dentro de um recipiente com água, a força exercida pelo fluido sobre ela sempre será perpendicular às suas superfícies. Se **F** é o módulo da força exercida sobre a bexiga e **A** a área total da superfície, a pressão **P** do fluido sobre a bexiga é definido como a razão da força pela área:

$$P = \frac{F}{A} \qquad \textit{Unidades: } 1\ N/m^2 = 1\ Pa$$

Para você ter uma ideia mais real de pressão, segure a tampa de sua caneta entre seu polegar e o indicador com a parte mais pontiaguda no polegar. Agora pressione suavemente seu polegar contra seu indicador.

Seu polegar vai começar a doer enquanto o indicador não. A tampa da caneta exerce a mesma força em ambos os dedos, mas a pressão no seu polegar é muito maior por causa da pequena área na qual a força é aplicada.

Existem vários exemplos práticos da aplicação da pressão no cotidiano, por exemplo: o processo de amolar uma faca. Para aumentar sua pressão, sua área de contato com a carne deve ser cada vez menor; os pneus de carros off-road possuem grandes áreas de contato com o chão, evitando que eles atolem em terrenos arenosos.

3. Pressão Atmosférica

Sobre a superfície da Terra existe a atmosfera terrestre, que é composta por vários tipos de gases. Denominamos pressão atmosférica a concentração da força que essa camada de ar faz sobre a superfície da Terra.

Essa pressão pode mudar de acordo com a altitude, numa relação inversa, ou seja, quanto maior a altitude, menor é a pressão que o ar faz. Sendo assim, no pico do monte Everest é o local onde há a menor pressão atmosférica.

Em 1643, o matemático e físico, Evangelista Torricelli[3] conseguiu determinar a medida da pressão atmosférica ao nível do mar. Primeiramente ele encheu um tubo de, aproximadamente um metro de comprimento, com mercúrio, e logo em seguida mergulhou-o em um recipiente também com mercúrio, como mostra a Figura 1. Em seguida, ele notou que o mercúrio descia um pouco, estabilizando-se aproximadamente a 76 cm acima da superfície.

---

[3] *Físico e matemático italiano conhecido pela invenção do barômetro. Viveu entre 1608 e 1647.*

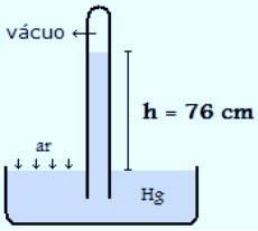


Figura 1: Representação do experimento de Torricelli na determinação da pressão atmosférica.
Fonte: www.infoescola.com

Torricelli interpretou essa experiência dizendo que, o que mantinha a coluna de mercúrio nesta altura, era a pressão atmosférica. Com essa experiência definiu-se que ao nível do mar 1 atm (uma atmosfera técnica métrica) é a pressão equivalente à exercida por uma coluna de 76 cm de mercúrio, onde g = 9,8 m/s², portanto:

$$1atm = 76\ cmHg = 760\ mmHg = 1{,}01.10^5 Pa$$

Física divertida

Por que sentimos desconfortos no ouvindo quando subimos ou descemos uma serra?

Ao descer a serra, a pressão no ouvido externo fica maior do que no ouvido interno, o que causa um desconforto auditivo. Parece que estamos com os ouvidos tampados ou até sentimos dor. Quando a pressão no ouvido externo é maior do que a do ouvido médio, o tímpano fica estirado para dentro, não sendo capaz de exercer suas funções de forma normal. Esse desconforto auditivo também pode ocorrer quando subimos a serra.

4. Pressão Hidrostática

Assim como a pressão atmosférica aumenta à medida que se aprofunda dentro da atmosfera, a pressão da água aumenta conforme aumentamos a profundidade da submersão. Todo mergulhador percebe esse aumento de pressão e que é sentido principalmente nos seus ouvidos. Para um líquido, cuja massa específica é aproximadamente constante em todo seu volume, a pressão aumenta linearmente com a profundidade. Também conhecida como *Princípio de Stevin*[4], calculamos a pressão em um líquido com sua superfície livre em contato com a atmosfera da seguinte maneira:

$$\boxed{p = p_{atm} + \mu.g.h}$$

[4]*Stevin foi engenheiro, físico e matemático. Viveu entre 1548 e 1620 na Bélgica*

Isso significa que quanto maior a diferença de altura em um sistema hidráulico, maior será a pressão exercida sobre o líquido. Os cálculos mostram, conforme a Figura 2, que há acréscimo de 1 atm a cada 10 m de coluna de água em um recipiente.

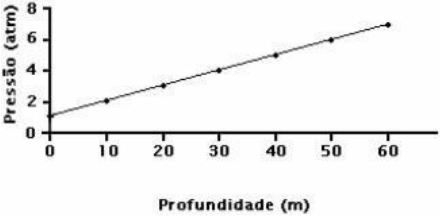


Figura 2: A pressão total aumenta com a profundidade
Fonte: *www.fisica.net*

Para citar um exemplo sobre este assunto, pode-se analisar a construção de barragens de uma hidrelétrica. O engenheiro civil deve ter propriedade destes conceitos, pois ele necessitará fazer uma barragem que

seja mais larga na base do que no topo, pois, como a pressão aumenta com a profundidade, a pressão no fundo da represa será maior, como mostra a figura 3.

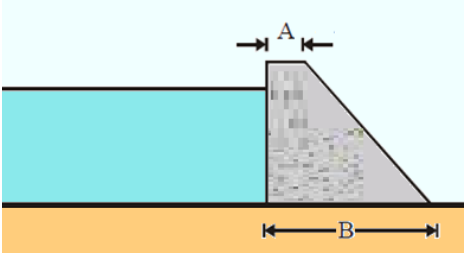


Figura 3: Esquema de uma barragem.
Fonte: www.fisicaevestibular.com.br

Física divertida

Até que profundidade posso mergulhar com meu relógio?

Os relógios de pulso vêm com inscrições que indicam o quanto eles suportam de pressão na água em atm (unidade de pressão atmosférica). Quanto mais atm, mais fundo ele pode ir. Um relógio resistente à água é recomendado para quem não vai deixar o relógio em contato com a água continuamente. Sua resistência é apenas em caso de chuva e respingos ao lavar as mãos, por exemplo. O relógio à prova d'água é recomendado para quem pratica atividades aquáticas, tais como natação e mergulho.

Em sua residência, você já deve ter percebido que o reservatório de água fica na parte mais alta; isso fará com que a água saia para todos os dispositivos hidráulicos (torneiras, chuveiros, vasos sanitários etc) sem que haja a

necessidade de uma bomba hidráulica. Dentre os mais variados exemplos de utilização do Princípio, os vasos comunicantes (a ligação de dois ou mais recipientes por um conduto) são apresentados em diversos livros didáticos. É com base nesta ideia que as caixas de distribuição de água das casas e das cidades são construídas, a Figura 4 ilustra a situação descrita. A máxima altura que a água pode atingir será exatamente igual à do nível do reservatório de água utilizado.

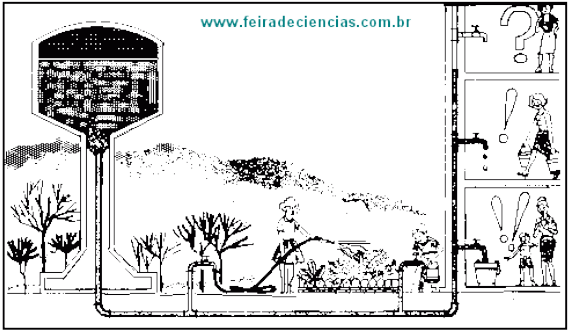


Figura 4: Sistema hidráulico de uma residência
Fonte: www.feiradeciencias.com.br

5. Princípio de Pascal

Como a pressão de um fluido depende da profundidade e do valor da pressão atmosférica, qualquer aumento de pressão na superfície deve ser transmitido para todos os outros pontos do fluido. Este conceito foi primeiramente reconhecido pelo cientista francês Blaise Pascal[5] e é conhecido como princípio de Pascal.

"Uma mudança na pressão aplicada a um fluido é transmitida sem diminuição para todos os pontos do fluido e para as paredes do recipiente."

Uma das aplicações mais importantes do princípio de Pascal é a prensa hidráulica. Uma força F_1 é aplicada sobre um pequeno êmbolo de área A_1. A pressão é transmitida por um líquido incompressível para um

---

[5] *Pascal foi um físico, matemático, filósofo moralista e teólogo francês. Viveu entre 1623 e 1662.*

êmbolo maior com área A_2, na Figura 5 tem-se a representação desses componentes. Como a pressão deve ser a mesma nos dois lados, a força F_2 deve ser maior do que a força F_1.

$$p = \frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2}$$

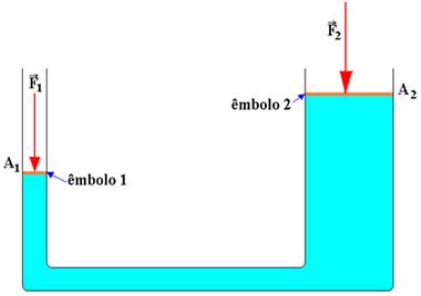


Figura 5: Sistema hidráulico baseado no Princípio de Pascal.
Fonte: *www.mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/prensa-hidraulica.htm*

6. Empuxo

Se você tentar empurrar uma bola para baixo da água de uma piscina, verá que existe uma dificuldade na execução. Isso ocorre por causa da grande força para cima exercida pela água sobre a bola. A força exercida por um fluido sobre um corpo total ou parcialmente mergulhado nele é chamada força de empuxo. O módulo da força de empuxo sobre um corpo é sempre igual ao peso do fluido deslocado por aquele corpo. Esta afirmação é conhecida como Princípio de Arquimedes.

$$E = P_{deslocado} = \mu_{líquido} \cdot v_{deslocado} \cdot g$$

Arquimedes foi um grande cientista da antiguidade. Ele foi o primeiro a calcular precisamente a proporção da circunferência de um círculo com seu diâmetro e também mostrou como calcular o volume e a área de

superfície de esferas, cilindros e outras formas geométricas. Além disso, era grande inventor e uma de suas invenções foi a catapulta, além de ter criado sistemas de alavancas, roldanas e pesos para levantar cargas pesadas.

Especificamente sobre o empuxo, vale salientar que a força é exercida pelo fluido, ou seja, mesmo mergulhando vários objetos de diferentes formas e massas específicas em um mesmo fluido, se ambos deslocarem o mesmo volume no fluido, estarão submetidos à mesma força de empuxo. Se eles afundam ou flutuam é determinado pela relação entre empuxo e peso do objeto.

7. Dinâmica dos Fluidos

Até o momento, foram apresentados conceitos referentes aos fluidos em repouso, ou hidrostática. Agora vamos falar sobre

conceitos importantes referentes aos fluidos em movimento.

- *Vazão*: é a quantidade de volume de um fluido que atravessa uma superfície durante um intervalo de tempo. A unidade de vazão é dada em m^3/s, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades e Medidas (SI).

- *Fluxo regular*: quando cada partícula do fluido segue uma trajetória plana de modo que as trajetórias de diferentes partículas nunca se cruzam uma com a outra. Neste caso, cada partícula de fluido chega ao mesmo ponto com a mesma velocidade.

- *Fluxo turbulento*: quando as partículas do fluido têm velocidades altas, sendo irregular e caracterizado por pequenas regiões de redemoinhos.

- *viscosidade*: este termo é comumente usado na descrição de fluxo de fluido para caracterizar seu grau de atrito interno.

Como o movimento de fluidos no cotidiano é bem complexo, fazemos algumas simplificações para facilitar nossa abordagem e entendimento. Denominamos então de *fluxo ideal de fluido* aquele que não é viscoso, que possua fluxo regular, que tenha densidade constante e que não haja rotação em nenhum ponto de sua trajetória.

Imagine que você vai regar um jardim na sua residência utilizando uma mangueira acoplada a uma torneira. Em certo momento você diminui a área de saída da água na mangueira com o dedo. Temos então uma situação semelhante à da Figura 6:

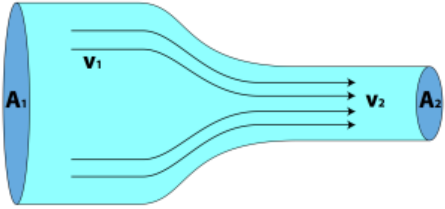


Figura 6: Fluido escoando em um tubo com áreas distintas
Fonte: *www.ebah.com.br*

O fluido que vem pela mangueira atravessa uma área A_1 com velocidade V_1. Como você diminuiu a área para A_2 com seu dedo, a velocidade do fluxo muda para V_2. A ***Equação da Continuidade*** nos diz que o produto da área e da velocidade do fluido em todos os pontos ao longo da mangueira é constante, logo temos que:

$$v_1.A_1 = v_2.A_2$$

Isso justifica o fato de a água sair com maior velocidade onde você colocou o dedo; quanto menor for a área no escoamento do líquido, maior será sua velocidade. Logo você percebe que conseguirá atingir distâncias maiores ao realizar este procedimento.

CAPÍTULO 2

REGRAS BÁSICAS PARA IRRIGAÇÃO

Nesta seção, não há o interesse de aprofundar em quais tipos de frutos ou hortaliças devem ser cultivados ou o adubo adequado para uma plantação. Estes conhecimentos podem ser adquiridos por meio da internet, livros e profissionais da área. Nosso intuito é estabelecer algumas ideias básicas antes de apresentar as técnicas de irrigação.

No entanto, para que haja uma irrigação eficaz e com o menor desperdício de água, é fundamental conhecer o vegetal que será cultivado e a quantidade mínima de água de que ela necessita para sobreviver e florescer de forma regular. A seguir, há uma tabela com alguns vegetais e a quantidade de água por metro quadrado (m^2) de que ela necessita.

VEGETAL	LITROS/m² (dia)
Goiaba	1,58
Gramados	4
Hortaliças	6 a 7
Manga	1,3
Pimentão	1,58

Fonte: www.embrapa.com.br

Os principais questionamentos a respeito da irrigação se referem à quantidade de água necessária para cada tipo de plantação, à frequência com que os vegetais devem ser irrigados e se a irrigação é mais eficiente nas folhas ou na raiz. Pensando nestas questões, coletamos algumas informações importantes a esse respeito e que será apresentado agora.

1. **Mantenha uniformemente úmido.**

A maioria das plantas depende muito de umidade. No entanto, secar ligeiramente

antes da irrigação promove o crescimento das raízes das plantas.

2. **Irrigue poucas vezes, mas com abundância.**

No canteiro de flores, uma ou duas sessões de rega por semana são suficientes: melhor irrigar menos vezes, mas com abundância de água, em vez de um pouco de água com frequência.

3. **Irrigue no final da tarde ou no início da manhã.**

Quando você molha o solo frio no final da tarde ou à noite, há menos evaporação de água do que quando o solo está quente durante o dia. E as plantas podem abastecer-se de água o suficiente antes do calor do dia seguinte.

4. **Mantenha as folhas secas.**

Folhas molhadas tornam-se folhas doentes. Se passarem a noite molhadas, as folhas

podem ser vítimas de doenças. Se forem molhadas sob o sol quente, podem desenvolver ligeiras marcas de queimadura (efeito de vidro queimado das gotículas de água).

5. **Proporcione a quantidade certa de água.**

Quantidade certa de água significa molhar suficientemente as raízes. Quantidades muito pequenas de água geralmente cobrem apenas alguns centímetros da superfície do solo, ou nem sequer chegam até lá, quando, por exemplo, existe uma cobertura de folhas sobre o solo e a irrigação é muito pouca. Quantidade certa de água também significa que vegetais cultivados são particularmente dependentes de um solo uniformemente úmido até o momento de sua colheita.

6. **Proporcione maiores quantidades de água por partes.**

A água precisa de alguns instantes para infiltrar-se no solo. Portanto, em vez da preciosa água escoada no leito do vazo sem uso, é melhor irrigar repetidamente e por partes.

7. **Irrigue um alvo, mas de maneira distribuída.**

Irrigar sempre apenas um ponto da raiz conduz o crescimento das raízes para somente um lado e, consequentemente, gera uma absorção de nutrientes irregular pelo solo. Portanto, sempre regue ao redor da planta e distribua a água para toda a área.

8. **Irrigue com economia de água.**

Água tanto quanto necessária e tão pouca quanto possível. Isto se torna mais simples com um sistema de irrigação inteligente ou automatizado com um sensor de umidade.

9. Evite o encharcamento.

O encharcamento suprime o ar da respiração das raízes para fora do solo - as células das raízes se afogam sem oxigênio.

10. Mantenha a qualidade com o solo rico em argila.

Uma terra de plantio rica em minerais de argila tem uma melhor propriedade de expansão e pode, portanto, manter melhor a água no solo e de uma maneira mais uniforme.

CAPÍTULO 3

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO

O sistema de irrigação de baixo custo consiste em utilizar materiais muito baratos ou reaproveitáveis para a criação dos sistemas hidráulicos, podendo ser realizada de duas maneiras: por gravidade ou por bombas.

Quando utilizamos a gravidade, a água passará livremente por um conduto. Este método tem como principal característica a atuação da pressão atmosférica na superfície livre da água. Rios, canais, calhas e drenos são exemplos de condutos livres de seção aberta. Quando utilizamos bombas, elas podem funcionar através de combustíveis como diesel e gasolina ou através de energia elétrica. Neste caso, quem atua na água é um equipamento mecânico, transferindo energia

para ela. A altura que uma bomba pode lançar a água depende da pressão que ela exerça.

Dentre os diversos métodos para realizar uma irrigação, dois se apresentam como importantes e usuais meios para se fazer uma irrigação de baixo custo e que trazem considerável economia de energia: gotejamento e microaspersão.

Física divertida

Qual a altura máxima na qual a água poderia ser bebida através de um canudo?

Não importa se você usa os pulmões ou uma bomba pra fazer vácuo dentro do canudo; ao nível do mar, a água não poderá ser empurrada pela atmosfera mais alto do que 10,3 m.

Na irrigação por gotejamento, a água é aplicada de forma pontual através de gotas diretamente ao solo. Estas gotas infiltram-se formando um padrão de umedecimento do solo denominado “bulbo-úmido”. Estes bulbos podem ou não se encontrar com a continuidade da irrigação e formar uma faixa úmida. Neste método de irrigação, muitas vantagens podem ser observadas: maior qualidade na irrigação, melhor rendimento da água, conservação dos recursos hídricos, flexibilidade de trabalho do agricultor, menos doenças nos vegetais, menos ervas daninhas invasoras e eficiências em solos difíceis. Infelizmente, há também desvantagens como: mudar o sistema de trato do solo, os pequenos orifícios podem facilmente ser obstruídos e não são todas as culturas que germinam bem nesse tipo de irrigação.

No processo de irrigação por microaspersão, a aplicação da água no solo resulta da fragmentação de um jato d’água

pressurizado lançado no ar atmosférico, por meio de um simples orifício ou por dispositivos aspersores. Neste método de irrigação, as vantagens estão associadas à dispensa do preparo do terreno, controle da pressão da água, possibilidade de economia de mão-de-obra e possibilidade de economia de água. As limitações vão desde a má distribuição de água na cidade, probabilidade de desenvolvimento de algumas doenças na planta até a impossibilidade de uso devido à salinização da água.

A seguir, algumas imagens dos diversos tipos de irrigação de baixo custo encontrados no cotidiano.

Figura 7: Irrigação por Gotejamento
Fonte:www.sna.agr.br/sistema-de-irrigacao-por-gotejamento-podera-ser-alternativa-na-agricultura/

Figura 8: Irrigação com PET
Fonte:www.pensamentoverde.com.br/dicas/passo-passo-sistema-irrigacao-garrafa-pet/

1. Sistema de irrigação localizada (garrafas PET)

O sistema de irrigação com uso de garrafas PET está sendo muito utilizado, principalmente para irrigação de mudas de fruteiras (cajueiro, cajazeira, umbuzeiro, dentre outras) quando transplantadas para o campo, pois, na fase inicial, essas fruteiras, tradicionalmente cultivadas no semiárido, sofrem muito com o déficit hídrico, em virtude de suas raízes ainda não serem profundas suficientes para extrair água nas regiões mais profundas do solo.

Materiais utilizados

- Garrafas PET (ou qualquer outra semelhante)
- EQUIPO (sistema de soro encontrado em farmácias)
- Tesoura

- Chave de estrela
- Prego
- Martelo

<u>Como fazer?</u>

1- Com auxílio de uma tesoura, corta-se a parte lateral inferior da garrafa, gerando uma abertura de forma que facilite o seu preenchimento com água;
2- no centro da tampa da garrafa é feito um pequeno orifício para que ocorra a passagem da água de acordo a pressão hidrostática;
3- coloca-se um EQUIPO (sistema de sorologia utilizado em hospitais) no orifício para controlar a quantidade de água que deseja ser gotejada;
4- em seguida, prende-se a garrafa a um piquete de madeira a 5 cm do caule da planta.

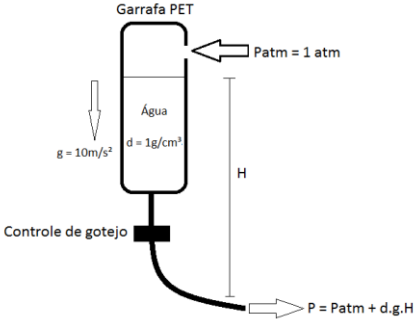
Este sistema foi desenvolvido e aplicado no Instituto Federal do Rio Grande do Norte, na cidade de Pau dos Ferros, pelos alunos do curso Técnico Integrado em Alimentos. A seguir, algumas imagens do sistema de gotejamento localizado em fruteiras (mangueira).

Produção do gotejador
Fonte: Autor, 2015

Aplicação do gotejador
Fonte: Autor, 2015

Onde se aplica a Física?

Neste tipo de sistema de irrigação, a abertura lateral feita com o auxílio de uma tesoura, tanto serve para fazer a reposição de água no reservatório como para que a pressão atmosférica faça influência na água, a fim de que ela desça através do conduto. O ar entra na garrafa PET e a água sai pelo EQUIPO o qual tem um dispositivo que controla a quantidade de água que deseja ser gotejada. O tamanho do conduto utilizado influenciará na pressão hidrostática final; finalmente, vimos que a pressão é proporcional à coluna de água em um tubo.



<u>Quais as limitações?</u>

O problema deste sistema está associado à temperatura do local em que está sendo utilizado. Locais muito quentes e expostos ao sol tendem a vaporizar muita água do reservatório, tornando necessária a frequente reposição de água na garrafa PET.

2. Sistema de irrigação localizada (xique-xique)

O sistema de irrigação do tipo xique-xique consiste na aplicação de água através de tubos perfurados. Frequentemente utilizado em hortaliças (coentro, cebolinha, alface etc), possibilita o gotejamento da água nos pontos em que as hortaliças estão plantadas, diminuindo o desperdício da água em locais desnecessários.

Materiais utilizados

- Tubos PVC ou mangueiras de polietileno
- Prego
- Martelo
- Régua ou trena
- Tesoura ou serrinha

Como fazer?

1- Utilizando-se mangueiras de polietileno ou PVC, destinadas para irrigação localizada, e com o auxílio de um prego, efetuam-se perfurações com espaçamentos uniformes no decorrer da mangueira para irrigação;
2- o espaçamento entre os orifícios vai depender do espaçamento da cultura. Por exemplo, os espaçamentos para alface ficam em torno de 15 cm;
3- em seguida, cortam-se pedaços de 5 cm da mangueira de polietileno, formando pequenos cilindros, que passam a funcionar como braçadeiras a serem colocadas sobre as perfurações.

Os alunos do curso Técnico Integrado em Agropecuária do Instituto Federal Baiano, na cidade de Senhor do Bonfim, realiza este sistema de irrigação em cenouras, como pode ser visto nas imagens a seguir.

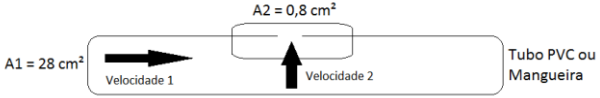
Perfuração do xique-xique
Fonte:www.infgerais.blogspot.com.br/2010/02/irrigacao-localizada.html

Utilização do xique-xique
Fonte:www.infgerais.blogspot.com.br/2010/02/irrigacao-localizada.html

Onde se aplica a Física?

Neste tipo de sistema de irrigação, a pressão dentro dos tubos PVC (pressão hidrostática) faz com que a água passe por todo encanamento distribuindo uniformemente a água através dos furos. A vazão pode ser controlada por um sistema abre e fecha ou por um dispositivo eletrônico acoplado à torneira. A área do tubo é maior do que a do orifício, logo a velocidade da água no tubo é inferior à do furo, fazendo

com que a água saia com grande velocidade. O pedaço de mangueira colocado sobre o orifício faz com que a energia cinética da água diminua, evitando que ela saia na forma de jatos. A Equação da Continuidade nos permite prever a relação entre as velocidades da água no tubo e no orifício.



Gotejador xique-xique

$$V1.A1 = V2.A2$$

Quais as limitações?

O problema deste sistema está associado à fabricação das mangueiras perfuradas, caso a hortaliça seja demasiado grande. Além disso, se o pensamento for a economia de água, requer acoplar as mangueiras em uma caixa d'água que fique

elevada, para que haja pressão suficiente nos canos.

3. Sistema de irrigação por microaspersores (artesanais)

Este sistema assemelha-se ao gotejador xique-xique, apenas com a diferença que há microaspersores nos orifícios, aumentando o raio de distribuição da água. A pressão também aumenta fazendo com que a água se desloque a maiores distâncias.

Materiais utilizados

- Pregos
- Palitos de contonete ou de pirulito
- Arame
- Chave de bico e alicate.

Como fazer?

1- Utilizando-se mangueiras de polietileno ou PVC, orifícios são construídos com o auxílio de pregos com 3 mm de diâmetro;
2- os microaspersores são feitos com canudos rígidos e finos (palitos de pirulitos, contonetes etc), pregos e arames; desta maneira é possível aumentar e diminuir o raio de distribuição da água;
3- os microaspersores artesanais são encaixados nos furos feitos com pregos, finalizando o dispositivo.

Este tipo de dispositivo foi desenvolvido e aplicado em horticultura familiar no Instituto Federal de Farroupilha, por alunos do curso Técnico Integrado em Agropecuária do *campus* de Frederico Westphalen.

Produção do microaspersor
Fonte: Autor, 2015

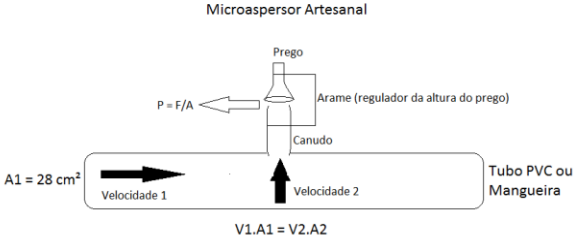
Aplicação do microaspersor

Fonte: Autor, 2015

Onde se aplica a Física?

Este tipo de sistema de irrigação assemelha-se ao gotejador xique-xique, logo todos os conceitos aplicáveis anteriormente são os mesmos aqui. Entretanto, o fato de existir microaspersores permite que os analisemos com a aplicação de pressão, como sendo força aplicada a uma área. O microaspersor pode ser regulado para que a água atinja uma distância maior ou menor, dependendo da hortaliça; essa regulagem ocorre justamente com a diminuição ou o

aumento da área com que a água sai, fazendo com que a pressão aumente ou diminua respectivamente.



Quais as limitações?

O problema deste sistema está associado à fabricação dos microaspersores artesanais por serem muitos pequenos e de extrema precisão. Os materiais são fáceis de se achar, porém preparar o dispositivo requer certo conhecimento e muita prática.

4. Sistema de Irrigação por microaspersores (Caixa d'água artesanal)

Neste tópico, usamos o mesmo sistema de irrigação já comentado anteriormente, porém pretendemos focar na construção de uma caixa d'água artesanal de baixo custo e que pode ser utilizado em qualquer sistema já citado neste material.

Materiais utilizados

- Balde de 20 ou 30 litros
- Registro para encaixe no balde
- Pedaços de tubo PVC
- Furadeira
- Arco de serra
- Lixa
- Cola para tubos PVC

Como fazer?

1- Utiliza-se um balde plástico de capacidade para 20 ou 30 litros e faz-se um furo com um arco de serra e uma furadeira na parte mais baixa de sua superfície lateral;
2- acopla-se, no furo, um adaptador para caixa d'água com registro (semelhante a uma torneira);
3- em seguida, lixa-se os tubos para dar continuidade na conexão;
4- esse tubo ligará um adaptador com curva de 90º (cotovelo); usa-se cola para tubos PVC melhorando a vedação, acoplando aos canos contendo microaspersores.

Este sistema foi desenvolvido e aplicado no Instituto Federal do Rio Grande do Norte, na cidade de Pau dos Ferros, e apresentado na 5ª Exposição Científica e Tecnológica por dois alunos do curso de Técnico Integrado em Alimentos.

Produção da caixa d'água
Fonte: Autor, 2015

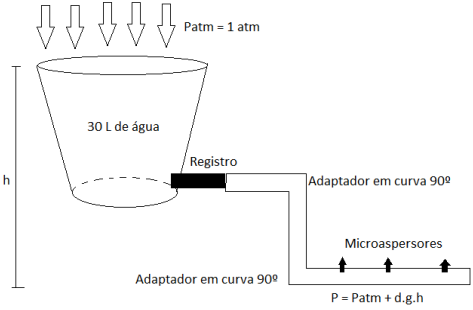
Caixa d'água pronta
Fonte: Autor, 2015

Onde se aplica a Física?

Analisaremos uma aplicação Física no reservatório de água, haja vista que o sistema de irrigação por microaspersão já foi anteriormente explicado.

É necessário, primeiramente, que a caixa d'água fique em uma altura considerável

acima dos tubos de irrigação, pois quanto maior a diferença de altura maior a diferença de pressão nos tubos. Esta explicação é feita através do Princípio de Stevin. O registro serve para que possamos controlar a vazão da água de acordo com a necessidade da horta; chave pouco aberta permitirá pouca saída de água, porém convém observar se haverá pressão suficiente para que a água chegue a todos os microaspersores.



Quais as limitações?

Como este sistema requer a utilização de materiais como balde, registro e adaptadores em curva, ele acaba não sendo tão barato. Além disso, para que você tenha maior pressão nos microaspersores, é necessário que sua caixa d'água artesanal fique em uma grande altura, porém ela precisará ser reabastecida e, se estiver muito alta, haverá dificuldades para resolver este problema.

CAPÍTULO 4

OUTROS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

Existem outros métodos de irrigação que não necessariamente ocorre por gotejamento ou microaspersão. A seguir, a explicação de dois métodos de irrigação que não utilizam sistemas pressurizados.

1. Irrigação por superfície (Sulcos)

A irrigação por superfície é a mais antiga utilizada pela humanidade. Há mais de 6000 anos, os mesopotâmicos, egípcios e chineses já a utilizavam em suas plantações de forma rudimentar. É um método de irrigação não pressurizado em que a água se movimenta por gravidade diretamente sobre a superfície do solo, através de canais ou tubos janelados, até qualquer ponto de

infiltração, exigindo, portanto, áreas sistematizadas e de acordo com o tipo de irrigação. Não é recomendado para solos com alta permeabilidade por proporcionar grandes perdas por percolação[6], e para solos instáveis, pela formação de crateras quando molhados.

Tem como vantagens um menor custo fixo e operacional, requer equipamentos simples, não sofre efeitos do vento, permite a utilização da água com sólidos em suspensão e não requer mão de obra especializada. Suas desvantagens são a dependência de condições topográficas, requer sistematização do solo mais rigorosa, o manejo das irrigações é mais complexo, possui baixa eficiência na distribuição de água e requer muita mão de obra (Irrigante).

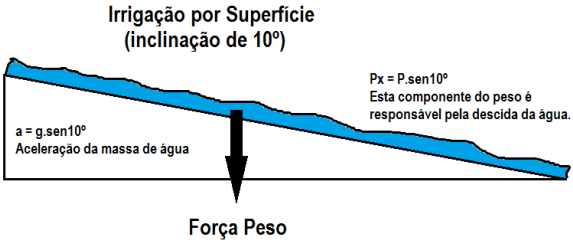
---

[6] *Percolar: passar um líquido através de um meio para filtrá-lo ou extrair substâncias.*

Fonte:www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cenoura/arvore/CONT000gnhp6ryj02wx5ok0edacxlwt4ys1a.html

A aplicação da Física neste sistema está na influência que a gravidade exerce sobre a massa de água em uma superfície inclinada. Um componente do peso faz com que a água se desloque com aceleração constante ao longo da superfície. A Equação da Continuidade também é observada neste sistema devido às superfícies possuírem entradas de tamanhos diferentes. Neste caso, não se aplicam os conceitos da pressão

hidrostática, haja vista que o sistema não é pressurizado.



2. Irrigação por inundação

Outro método de irrigação é por inundação. Muito utilizada atualmente, a água é aplicada em bacias ou tabuleiros intermitentes ou permanentemente mantida sobre a superfície do solo praticamente durante todo o ciclo da cultura. Os tipos de tabuleiros utilizados neste sistema de irrigação são os retangulares e em contorno. Seu tamanho varia de acordo com o sistema

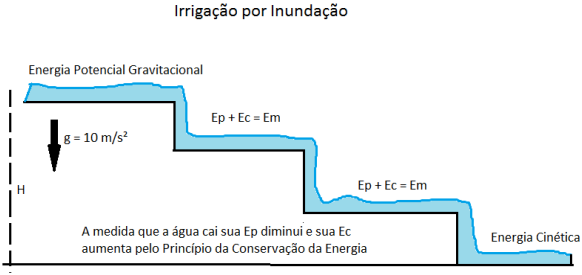
de manejo, sendo este manual ou mecanizado. Um dos aspectos fundamentais na construção dos tabuleiros está relacionado com a declividade, sendo esta definida para proporcionar uma diferença de nível máximo de 20 cm.

É o principal sistema de irrigação utilizado no cultivo do arroz no Rio Grande do Sul (30% da área total), sendo responsável por 80% na produção. Infelizmente, não é um sistema que possa ser utilizado em qualquer parte do país, principalmente no Nordeste devido aos problemas que enfrenta com a seca.

Fonte:www.ebah.com.br/content/ABAAABYBwAD/irrigacao-por-superficie-sulco-inundacao

Neste método, vale relacionar os conceitos de energia mecânica associados aos desníveis de 20 cm. No ponto mais alto do solo há uma grande quantidade de energia potencial gravitacional, a qual vai diminuindo à medida que a água vai baixando de nível. Entretanto, devido aos conceitos de conservação de energia, há uma transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética, logo a água

ganha velocidade ao chegar às partes mais baixas do sistema.



CAPÍTULO 5

APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS NOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Existem vários sistemas de irrigação automatizados com aplicações tecnológicas tanto em residências como em áreas rurais. Tais aplicações buscam trazer uma melhoria na qualidade da irrigação, evitando perdas significantes e aumentando a produtividade dos vegetais.

A seguir, citaremos alguns métodos disponíveis no mercado, porém deixamos bem claro que eles possuem custos financeiros que algumas vezes podem ser bem relevantes.

1. Bombas Hidráulicas

Definição

Bombas são equipamentos rotativos utilizados para converter energia mecânica em energia hidráulica (vazão) a fim de que possa aumentar a velocidade (Energia Cinética) dos fluidos pressurizados com o objetivo de efetuar ou manter o deslocamento de um líquido por escoamento.

Fonte:www.solucoesindustriais.com.br/empresa/maquinas-e-equipamentos/lds-maquinas/produtos/bombas-e-motobombas/bomba-hidraulica

Explicação física

As bombas acrescentam pressão no fluido para que ele possa se deslocar e atingir certas alturas. Como já vimos anteriormente, um acréscimo de 1 atm na pressão do líquido faz com que ele suba até 10 m de altura e assim sucessivamente.

Custo médio

O preço de bombas hidráulicas pode variar de 400 a 2000 reais de acordo com a necessidade desejada. Para uma irrigação de hortaliças utilizando sistemas pressurizados, não há a necessidade de uma bomba de alta pressão.

2. Sensores de Umidade

Definição

Sensores de umidade são dispositivos que medem a umidade relativa de uma determinada área, podendo ser usados em ambientes residenciais ou no campo. Esses sensores existem tanto em modelos analógicos como digitais.

Fonte:www.produto.mercadolivre.com.br/MLB-709241719-sensor-de-umidade-de-solo-com-acionamento-de-rele-_JM

Explicação física

Os sensores de umidade marcam a umidade do ar ou do solo através de capacitores. Geralmente eles são feitos com revestimento de vidro ou cerâmica e o material isolante que absorve a água é feito de um polímero que recebe e solta a água, baseando-se na umidade relativa de uma determinada área. Isso altera o nível de carga no capacitor da placa de circuito elétrico.

Custo médio

Estes dispositivos custam em torno de 20 reais e são muito úteis na manutenção do solo, no que diz respeito a sua umidificação.

3. Sensores de Temperatura

Definição

Sensores de temperatura são dispositivos que medem a variação de temperatura de um corpo, dependendo das condições climáticas a que o ambiente esteja submetido.

Fonte:www.webtronico.com/ds18b20-water-proof-prova-agua.html

Explicação física

Um termopar é criado quando dois metais diferentes se tocam e o ponto de

contato produz uma pequena tensão de circuito aberto como uma função da temperatura. Você pode usar esta tensão termoelétrica, conhecida como tensão de Seebeck[7], para calcular a temperatura. Para pequenas mudanças na temperatura, a tensão á aproximadamente linear.

Custo médio

Os sensores de temperatura são mais comumente usados em estufas porque eles são relativamente baratos, além de serem sensores precisos e poderem operar sobre uma larga faixa de temperatura. Estes dispositivos podem ser encontrados no mercado a partir de 20 reais.

---

[7] *O efeito Seebeck é a produção de uma diferença de potencial (tensão elétrica) entre duas junções de condutores (ou semicondutores) de materiais diferentes quando elas estão a diferentes temperaturas (força eletromotriz térmica).*

4. Sensores de Vazão

Definição

Sensores de vazão são dispositivos utilizados para controlar a quantidade de água que será disponibilizada para um sistema hidráulico.

Fonte:www.controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed_110/cv2.html

Explicação física

Os sensores de vazão são utilizados em projetos de irrigação, podendo medir a quantidade de água que passa pelo cano, controlando, assim, o volume desejado.

Possuem um rotor interno e um sensor de efeito Hall[8]. Quando a água passa pelo rotor, são gerados pulsos proporcionais à velocidade do rotor. Trabalha com a faixa de vazão controlada por minuto e a tensão de operação é de 3 a 18 volts, sendo a tensão nominal de 5 volts.

Custo médio

Estes dispositivos possuem preços variados, pois dependem da quantidade de água que é necessitada pelo sistema. Os preços podem variar de 50 a 4000 reais e as compras podem ser feitas pela internet em diversos sites de compras.

---

[8] *O efeito Hall está relacionado ao surgimento de uma diferença de potencial em um condutor elétrico, transversal ao fluxo de corrente e um campo magnético perpendicular à corrente.*

5. Temporizador Eletrônico

Definição

Temporizador eletrônico é um dispositivo utilizado para controle do tempo de irrigação que é necessitado para uma plantação ou para um jardim, podendo ser programado para ativar uma ou várias vezes ao dia.

Fonte:www.tocadoverde.com.br/temporizador-eletronico-11608-ecoforce.html

Explicação física

Este dispositivo funciona através de um sistema de bateria ou pilha que fornece voltagens entre 3 e 9 volts, possuindo um dispositivo de frequência que pode controlar o abre e fecha entre 15 minutos a 2 horas dependendo da necessidade da vegetação.

Custo médio

Os temporizadores são encontrados no mercado a preços de 60 a 500 reais e podem ser muito úteis na economia de água durante uma irrigação.

Existem inúmeros outros dispositivos eletrônicos que podem ser encontrados no mercado. Tudo vai depender da necessidade de cada indivíduo e para qual finalidade ele necessitará.

CONCLUSÃO

Este material foi elaborado com a intenção de instigar a curiosidade dos mais diversos públicos, mas, principalmente, trazer orientações científicas para que um estudante que venha aplicar os métodos aqui citados tenha certo grau de facilidade, bem como orientações fundamentais quanto aos conceitos da Física Aplicada.

Existem diversos meios de irrigação e, independente do meio utilizado, sempre haverá conceitos de Física que explicarão seus funcionamentos. Os que foram citados neste material servem apenas de orientação básica para uma irrigação inicial. Porém, de acordo com o nível de instrução desenvolvido pelo aluno, existe a possibilidade de desenvolvimento de novas técnicas e formas que realizem irrigação consciente, eficaz e que sempre vise economia da água.

Independente da utilização de baixo custo ou automatizada, não podemos nos esquecer de que nossos recursos hídricos estão cada vez mais escassos e precisamos gerar uma consciência ambiental para que nosso planeta continue nos dando frutos para nossa sobrevivência.

Este material foi utilizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, na cidade de Pau dos Ferros, pelo Professor Luiz Paulo Fernandes Lima junto aos seus alunos do terceiro ano Técnico Integrado em Alimentos Matutino e Vespertino, entre os anos de 2015 e 2016.

Alguns alunos fizeram apresentações através de painéis sobre o tema na 5ª Exposição Científica e Tecnológica (Expotec) – Pau dos Ferros, obtendo premiações. Este mesmo trabalho foi aprovado e apresentado pelos alunos na 64ª Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC).

Oficinas sobre 'Irrigação de baixo custo' foram ofertadas à comunidade pelo autor, no ano de 2016, nas cidades de:

-Pau dos Ferros - RN (5ª Expotec – "Gestão de Recursos Hídricos – 100 anos de abandono");

-Macau - RN (5ª Expotec – "Água: educação, ciência e sustentabilidade");

-Acaraú – CE (2ª Onda da Física).

Este trabalho foi apresentado no XXXIII Encontro Norte e Nordeste de Físicos (ENNEF) em Natal - RN, através de uma apresentação oral e na I Semana de Ciência, Tecnologia e Extensão (Secintex) em Santa Cruz – RN, através de um painel, ambos no ano de 2015.

O autor ministrou uma palestra intitulada "Pedagogia de Projetos: Ensino de Física voltada para Irrigação de baixo custo"

na cidade de Acaraú – CE, durante o evento 2ª ONDA DA FÍSICA no IFCE.

Finalmente, este material é o produto final do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), realizado na Universidade Federal do Ceará (UFC) pelo aluno Luiz Paulo Fernandes Lima.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, C. A. B.; OLIVEIRA, I. A. ; SILVA NETO, J. A. ; SILVA, C. J. ; José de Almeida Maciel Neto . **Transpiração em coffea canephora l. Via balanço de calor no caule e lisímetro de pesagem eletrônica**. Holos (Natal. Online), v. 3, p. 20-30, 2016.

CONTROLE & INSTRUMENTAÇÃO. **Medidores de vazão.** Revista ed. 110. São Paulo: Valete Editora Técnica Comercial Ltda, nov. 2005.

DANFOSS. **Sensores de temperatura**. Disponível em: <http://products.danfoss.com.br/productrange/industrialautomation/temperature-sensors/#> Acesso em: 22/02/2016.

ECO D. **Sistema de gotejamento com PET**. Disponível em:

<http://www.ecodesenvolvimento.org/voceecod/faca-voce-mesmo-sistema-de-gotejamento-com-garrafa> Acesso em: 10/06/2015.

EMBRAPA. **Sistema de irrigação para agricultura familiar**. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/74572/1/circular-106-Sistema-de-irrigacao-para-agricultura-familiar.pdf> Acesso em 15/07/2015.

EMBRAPA. **Métodos de irrigação**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/imetodos.htm> Acesso em: 19/08/2015.

GARDENA. **10 regras de ouro para irrigação**. Disponível em: <http://www.gardena.com/br/garden-life/garden-magazine/10-regras-de-ouro-para-irrigacao/> Acesso em: 20/01/2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; Walker, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2012.

INDÚSTRIA HOJE. **O que é e como funciona uma bomba hidráulica**. Disponível em: <http://www.industriahoje.com.br/o-que-e-e-como-funciona-uma-bomba-hidraulica> Acesso em: 22/02/2016.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Física para engenheiros e cientistas**. 8. ed. São Paulo: Ed. Cengage, 2012.

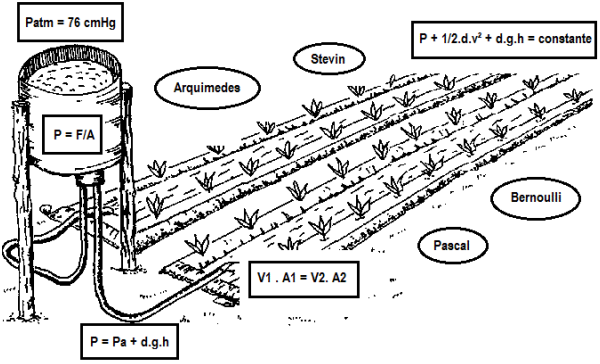
SOUZA, R. O. R. M. **Hidráulica: Resumo de aulas**. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgJ7EAE/resumo-geral-hidraulica> Acesso em: 20/01/2016.

TIPLER, PAUL A. **Física para cientistas e engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2011.

TOCA DO VERDE. **Temporizador eletrônico**. Disponível em: <http://www.tocadoverde.com.br/temporizador-eletronico-11608-ecoforce.html> Acesso em: 22/02/2016

USINA INFO. Sensor **de umidade de solo para arduino**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensores-e-modulos/sensor-de-umidade-de-solo-para-arduino-2311.html> Acesso em: 22/02/2016

"Durante a leitura, você verá alguns meios de irrigação de baixo custo, principalmente por gotejamento e microaspersão - irrigação por superfície - e algumas aplicações tecnológicas na irrigação. Certamente, algumas destas aplicações poderão facilmente ser reproduzidas para utilização nos jardins de sua residência como também nas suas plantações, caso as tenha."



2016