

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL
CURSO DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

RICARDO LUIZ ROHDEN

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA
ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2014

RICARDO LUIZ ROHDEN

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA
ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, como parte dos requisitos necessários à obtenção de Grau de Tecnólogo, no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, promovido pela UTFPR e realizado no Câmpus de Medianeira desta mesma instituição.

Orientador: Prof. Me. Amauri Massochin

MEDIANEIRA

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Por

RICARDO LUIZ ROHDEN

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 10:20 hrs do dia 14 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira. O acadêmico foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Amauri Massochin
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Yuri Ferruzzi
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Neron Alipio Cortes
Berghauser
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Yuri Ferruzzi
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Responsável pelas atividades de
TCC)

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, mestres e colegas que me apoiaram e incentivaram na realização do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de tudo, à Deus. À meus mestres, que se dedicam em transferir conhecimento. Aos colegas, que sempre me incentivaram durante o curso.

.

RESUMO

ROHDEN, Ricardo L. **IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**. 2013. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2014.

Nos últimos anos, o homem cada vez mais preocupou-se em realizar as tarefas do dia-a-dia da maneira mais prática e rápida possível. Com isso, fez com que até as mais simples tarefas fossem realizadas de forma automática, sem precisar da intervenção humana na realização da mesma. No caso em questão, uma irrigação temporizada, que realize a rega em horários e intervalos de tempo pré-estabelecidos, reaproveitando a água da chuva quando disponível. O presente trabalho teve como objetivo monitorar o consumo de água e de energia elétrica do sistema, para determinar sua viabilidade. Com o auxílio de hidrômetros foram comparados os consumos de água da chuva e também de água encanada, sendo possível calcular a economia feita com o reaproveitamento da água da chuva. Usando um medidor de energia elétrica, verificou-se o kWh consumo do sistema. Com os dados de consumo analisa-se a viabilidade do projeto.

Palavras-chave: *Monitoramento. Consumo. Viabilidade.*

ABSTRACT

ROHDEN, Ricardo L. **IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**. 2013. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2014.

In recent years, the man increasingly preoccupy brothered to performed the tasks of day-to-day in the most practical and expeditious manner. With this, made even the simplest tasks were performed automatically without human intervention in achieving the same. In this case, a timed irrigation, which realizes the watering times and intervals of predetermined time, reusing rainwater when available. The present study aimed to monitor the consumption of water and electricity system, to determine their viability. Whit the aid of the water meter consumption of rainwater and tap water were also compared, it is possible to calculate the savings whit the reuse of rainwater. Using a power meter, there was the kWh consumption of the system. Whit consumption data analyzes the feasibility of the project.

Keywords: Monitoring. Consumption. Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Funcionamento hidrômetro unijato	2
Figura 2 – Ciclo hidrológico	5
Figura 3 – Horta	10
Figura 4 – Quadro de controle da irrigação	10
Figura 5 – Medidor de consumo de energia elétrica	12
Figura 6 – Hidrômetro 1	13
Figura 7 – Hidrômetro 2	14
Figura 8 – Motobomba	14
Figura 8 – Sistema de captação da água da chuva	15
Figura 9 – Hidrômetros.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Leitura hidrômetro 1	19
Tabela 2 – Leitura hidrômetro 2	19
Tabela 3 – Economia de água.....	20
Tabela 4 – Consumo de energia elétrica.....	21
Tabela 5 – Comparação de valores de consumo de água e energia	21
Tabela 6 – Materiais utilizados na irrigação	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ampére
COPEL	Companhia de Energia Elétrica do Paraná
kWh	kiloWattthora
m ²	metro quadrado
m ³	metro cúbico
mm	milímetros
Q _{max}	Vazão Máxima
Q _{min}	Vazão Mínima
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Volt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	12
2.2 HIDRÔMETRO	12
2.3 MEDIDOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	13
2.4 USO RACIONAL DA ÁGUA	14
2.4.1 Aproveitamento da Água da Chuva	14
2.5 CICLO HIDROLÓGICO	15
2.6 SUSTENTABILIDADE	16
2.6.1 Eficiência Energética e Sustentabilidade	16
2.7 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA IRRIGAÇÃO	17
3 OBJETIVOS	18
3.1 OBJETIVO GERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4 METODOLOGIA	19
4.1 IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE MONITORAÇÃO	19
4.2 MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	20
4.3 MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA ENCANADA	22
4.4 MONITORAMENTO DO CONSUMO TOTAL DE ÁGUA	23
4.5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA	24
5 MONITORAMENTO E RESULTADOS	26
5.1 COLETA DE DADOS	26
5.2 VALORES OBTIDOS	27
5.2.1 Economia de Água	28
5.2.2 Gasto com Energia Elétrica	30
5.2.3 Comparação de Valores de Consumo com Água e Energia	31
5.2.4 Objetivos Alcançados	33
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, implantar um sistema de irrigação temporizado tornou-se comum nos lares brasileiros, regar a horta com um sistema temporizado torna-se uma atraente opção, a rega feita manualmente com uma mangueira passa a ser feita de forma ciclica, em que um *timer* controla os horários e intervalos da mesma. Utiliza-se uma motobomba para alimentar uma rede que leva água até os aspersores.

Dependendo da região do país, reaproveitar a água da chuva no processo é comum, pois onde ocorrem precipitações regulares de chuva, a água pode ser captada e reaproveitada na irrigação.

O uso da água da chuva em alguns locais do país é essencial para o desenvolvimento das plantações, lugares onde a água é escassa podem contar com uma reserva da água da chuva para irrigar as plantações durante o período de seca.

A água é um elemento essencial à vida do planeta, sendo imprescindível para a vida humana, que necessita da água para a própria sobrevivência. No mundo, existem vários problemas relacionados a disponibilidade hídrica, problemas que vão desde a degradação dos recursos hídricos, aumento exponencial de consumo além da grande diferença entre a oferta e a demanda de água disponível (GONÇALVES, 2006).

O presente trabalho tem por objetivo determinar a viabilidade econômica da irrigação em questão, observando os fatores ligados a sustentabilidade que envolvem o projeto. Após a instalação do sistema de monitoramento de consumo de energia elétrica e de água utilizada, analisar o projeto através dos dados coletados e relatar os pontos positivos que envolvem a utilização da água da chuva.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Segundo Castrucci (1969), os sistemas de irrigação automatizados foram uma tecnologia de grande repercussão no século passado, não só pelo fato de substituir o trabalho humano, mas também na melhoria da qualidade dos processos. Porém o mesmo ressalta que ocorre sim uma elevação no custo do equipamento.

2.2 HIDRÔMETRO

O hidrômetro é um instrumento destinado a quantificar o volume de água que nele atravessa (INMETRO, 2014). O modelo mais utilizado é o unijato, pois é o modelo onde o fluido é direcionado em apenas um jato que rotaciona a turbina. A turbina por sua vez aciona o totalizador que indica o consumo de água em litros ou metros cúbicos (ITRON, 2013)

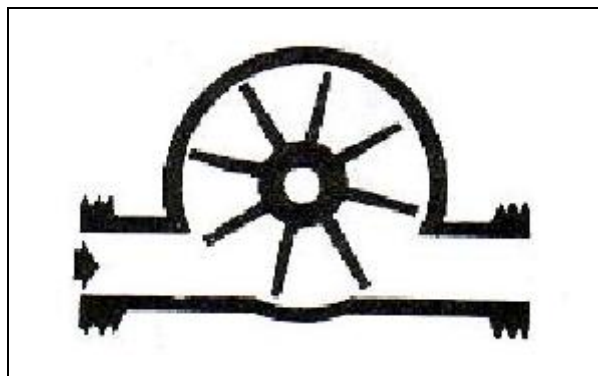


Figura 1 – Funcionamento do hidrômetro unijato
Fonte: Holanda, 2007.

Ainda de acordo com Cavalcanti Coelho e Maynard (1999), “o funcionamento dos medidores tipo velocimétrico baseia-se na obtenção do volume de água que atravessa um aparelho e a contagem do número de revoluções da turbina.” Onde a medição é obtida de forma indireta em função do número de revoluções “N” da turbina. Dessa maneira o volume de água que atravessa o hidrômetro é dada por:

$$V=KxN \quad (1)$$

Sendo K uma constante que depende da forma e superfície do orifício e do diâmetro da turbina.

2.3 MEDIDOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Medidor de consumo de energia elétrica é um dispositivo eletromecânico ou eletrônico capaz de mensurar o consumo de energia elétrica em kWh, o qual é ligado diretamente entre a rede e a carga.

Durante a evolução dos sistemas elétricos, foi constante a preocupação com a medida das grandezas envolvidas. Os primeiros dispositivos com finalidade de medição de consumo, baseava sua medição no tempo que uma lâmpada permanecia ligada (DAHLE, 2010).

Atualmente cerca de 92% dos medidores de energia elétrica são eletromecânicos, pois possuem baixo custo e alta disponibilidade. Esses medidores possuem erro máximo de +/- 2% para a sua faixa nominal de operação, erro este considerado alto (FERREIRA, 2012)

Ainda segundo Ferreira (2012), existe uma tendência na substituição dos medidores eletromecânicos por medidores digitais, visando maior precisão na leitura. Esses equipamentos possuem maior precisão, cerca de 1%, pelo fato do emprego de sensores com alta precisão. Se comparado aos eletromecânicos, sua aplicação é muito melhor, pois não possuem limitações mecânicas para instalação.

2.4 USO RACIONAL DA ÁGUA

A água está presente nas mais diversas atividades realizadas pelo ser humano, fundamental ao abastecimento doméstico e público, além do uso agrícola e industrial, é também fundamental para a produção de energia elétrica em nosso país.

Devido ao crescimento da população, a melhoria das condições de vida e a ocupação do território, a água está sofrendo forte contaminação e sua infiltração no solo está cada vez mais prejudicada, ocorrendo diminuição na reposição natural da mesma (JABUR, 2011).

2.4.1 Aproveitamento da Água da Chuva

De toda água disponível no planeta, apenas cerca de 3% é potável, sendo ainda que apenas uma parte deste percentual está acessível. A maior parte da água consumida vai para a agroindústria, cerca de 70%; outros 20% são consumidos pelas indústrias e 10% restantes para as casas. Atualmente a água da chuva é uma alternativa para a escassez hídrica, está sendo usada na agricultura, em indústrias e até mesmo em edifícios habitacionais, onde em algumas cidades a reutilização é obrigatória dependendo do tamanho do prédio, como na cidade de São Paulo (Vasconcelos e Ferreira, 2007).

A reutilização da água da chuva não é um conceito novo, existem relatos de utilização da água da chuva já na Grécia Antiga, inclusive para irrigação. A grande demanda de água tornou a reutilização da água da chuva um tema atual e de grande importância (Cetesb, 2014).

A captação da água da chuva é uma boa solução para a escassez de água mundial, sendo possível utilizá-la em grandes demandas para fins não potáveis. No Brasil existem regiões com grande escassez de água, porém isto não significa que pelo fato da nossa região ter abundância de água potável não seja necessário a implantação de medidas de preservação da mesma (PROVIN E GROBE, 2012).

2.5 CICLO HIDROLÓGICO

Em nosso planeta, a água pode ser encontrada em vários estados: sólido, líquido e gasoso, devido as diferentes condições climáticas. Denomina-se ciclo da água ou ciclo hidrológico o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes e na atmosfera (MIN. DO MEIO AMBIENTE, 2014).

Na Figura 2 observa-se o ciclo hidrológico completo, onde o sol aquece a água contida nos oceanos e rios, logo após a água evapora e sobe para o ar, onde se resfria e condensa na forma de gotículas, que formam as nuvens. Com uma grande quantidade de água condensada, as gotas ficam pesadas e ocorre a precipitação de chuva. Uma parte da água infiltra no solo, sendo a parte restante conduzida até os oceanos através dos rios (BRASIL ESCOLA, 2013)

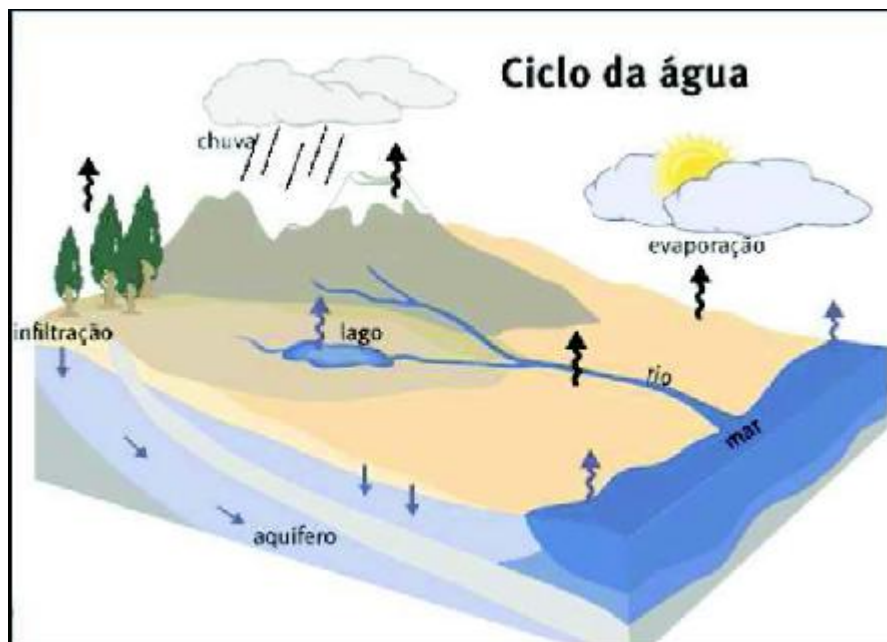


Figura 2 – Ciclo hidrológico
Fonte: Provin e Grobe, 2012

O ciclo hidrológico sofre várias influências, como fatores climáticos, geológicos e outros relativos ao uso do solo, tornando a distribuição das águas desigual pelo globo terrestre bem como irregular ao longo do ano (FERNANDES, 2009).

2.6 SUSTENTABILIDADE

O conceito de sustentabilidade surgiu na década de 1970, com o intuito de promover consciência a população, de que o ser humano tem o dever de preservar o meio ambiente onde vive. Propõe-se um meio em que a sociedade, seus membros e suas economias possam preencher as suas necessidades e também preservar o biodiversidade e os ecossistemas naturais de maneira planejada e eficiente (CORRÊA, 2009).

2.6.1 Eficiência Energética e Sustentabilidade

A energia é um bem indispensável ao crescimento do homem e também da sociedade como um todo. O setor de energia sofreu muitas transformações nos últimos anos, na busca de meios alternativos de energia, porém nas residências habituais, tudo está ligado ao uso de energias não renováveis, desde a iluminação até ao conforto térmico (PEREIRA, 2009).

No Brasil, o consumo das edificações em geral corresponde a 44% da demanda de energia elétrica, sendo que as residências demandam em torno de 22% deste consumo. Nas habitações os principais consumos estão na refrigeração (27% que corresponde ao uso de geladeira e freezer), aquecimento de água (24% que corresponde principalmente ao uso de chuveiro elétrico), condicionamento de ar (em torno de 20%) e a iluminação (14%), (PEREIRA, 2009).

Em 2001, o Brasil sofreu com o racionamento de energia elétrica, necessário devido ao grande crescimento do consumo e o pequeno crescimento da capacidade instalada. Houve uma grande preocupação não só com a questão econômica mas também com a qualidade do ambiente para o usuário e o impacto ambiental, que gerou uma busca por eficiência energética (PROVIN E GROBE, 2012).

O princípio de eficiência energética está relacionado tanto a produção de energia quanto a conservação da mesma (PEREIRA, 2009). Ainda segundo Lamberts (2004), o conceito de eficiência energética pode ser entendido como a obtenção de um serviço com baixo desperdício de energia.

2.7 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA IRRIGAÇÃO

Segundo Minatto (2008), o aproveitamento da água da chuva é de suma importância e está sendo cada vez mais utilizado, inclusive na irrigação pois a maior parte da água demandada em nosso país, cerca de 72%, é referente a atividade agrícola.

A utilização da água da chuva para irrigação é fundamental para áreas que sofrem com a escassez de água, como por exemplo o nordeste do Brasil, que enfrenta longos períodos de seca. Nesses locais a água armazenada contribui para o cultivo de plantações além de diminuir o consumo de água potável para fins onde pode-se usar a água da chuva (MINATTO, 2008)

Ainda segundo Minatto (2008), utilizar a água da chuva para a irrigação em regiões que sofrem com a seca é uma maneira alternativa para diminuir as perdas financeiras. Já para os locais onde a água potável é abundante, as reservas de água da chuva contribuem para a diminuição de custo com esse recurso natural.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Implantar um sistema de monitoramento para avaliar a viabilidade econômica de uma irrigação.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Especificar os instrumentos de medição necessários para o sistema de monitoramento;
- b) Implantar o sistema de monitoramento na irrigação temporizada existente;
- c) Monitorar e coletar os dados de consumo de água e energia elétrica do sistema;
- d) Analisar os dados coletados e comparar com outros estudos realizados na área;
- e) Determinar a viabilidade econômica e as vantagens no sistema.

4 METODOLOGIA

Primeiramente foram analisados quais os materiais necessários para implantar o sistema de monitoramento, foram feitos levantamentos para especificar os instrumentos de medição:

a) Para o medidor de energia elétrica foi observada a tensão (V) que o sistema utiliza e sua corrente máxima (A), para definir assim o modelo apropriado de medidor. No caso será instalado um medidor apenas.

b) Para o medidor de consumo de água, hidrômetro, foi observado os modelos comercializados no mercado, levando em consideração a vazão máxima de funcionamento (Q_{max}) e a vazão mínima de funcionamento (Q_{min}). Observou-se também o valor do início de funcionamento, a partir de quantos litros por hora o hidrômetro passa a registrar, já que nessa aplicação a água a ser consumida é pouca. Foi observada a necessidade da instalação de dois medidores de água, um para registrar o consumo da água encanada e outro para o consumo de água total.

4.1 IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE MONITORAÇÃO

A irrigação em questão é responsável pela rega da horta observada na Figura 2, onde cultivam-se hortaliças como alface, beterraba, pepino e rabanete. A área corresponde à aproximadamente 50 m^2 , sendo que 30% da área cultivada é ocupada pelo alface que é comprado em mudas e replantado em canteiros, com dimensões de 0,7 m de largura por 7 m de comprimento. A beterraba também é comprada em mudas e replantada em um canteiro, porém apenas até a metade do mesmo, pois a outra parte do canteiro é ocupada por rabanete, que é semeado à terra. O pepino é semeado diretamente na terra, sem necessidade de canteiros, ocupando 10% da área da horta.



Figura 3 – Horta
Fonte: Autoria própria

4.2 MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Primeiramente, foi instalado no quadro de controle da irrigação, observado na Figura 3, um medidor de consumo de energia elétrica. O medidor foi instalado em série com a rede elétrica, logo após o disjuntor de proteção, para registrar o consumo total em kWh.



Figura 4 – Quadro de controle da irrigação
Fonte: Autoria própria

O sistema temporizado da irrigação é composto por um disjuntor de proteção Soprano bifásico de 20 A, um contator Weg 220 V 10 A e um programador horário(timer) Avant Bivolt 10 A para controlar os horários e acionar a motobomba Eletroplas, de ½ HP de potência com corrente nominal de 2,5 A.

Existe ainda uma chave, instalada na porta do quadro, com três posições:

- Chave para baixo - Automático: funciona através de um comando de um timer com os horários de funcionamento pré-definidos.
- Chave para cima - Manual: é ligado o sistema manualmente.
- Chave na posição do meio - Desligado: O sistema estará desligado.

O medidor escolhido foi um modelo com display digital, conforme Figura 4, marca Kienzle, modelo KMC 11D50, 220 V bifásico, 50/60 Hz, e a corrente máxima do mesmo é de 50 A, a escolha por este modelo foi feita devido ao fato de ser o único encontrado comercialmente a pronta entrega na região, os modelos com corrente nominal inferior são pouco comercializados, sendo que para adquirir teria que encomendar da fábrica, o que atrasaria o cronograma do trabalho.

A instalação do medidor é feita em série com a rede elétrica, as fases passam pelo disjuntor sendo após conectadas no medidor da seguinte forma: conecta-se a fase L1 ao borne 1 e a fase L2 ao borne 4 do medidor. A saída da fase L1 fica no borne 3 e da fase L2 no borne 6. Após o medidor está localizado o contator.



Figura 5 – Medidor de consumo de energia elétrica
Fonte: KIENZLE, 2013.

4.3 MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA ENCANADA

Antes de iniciar o monitoramento do consumo, foi feita uma alteração na caixa d'água, antes o controle do uso de água encanada era feito manualmente, se o nível do reservatório estivesse baixo era então aberto um registro da rede de água encanada por um tempo não controlado, para não haver falta de água para a bomba, porém se houvesse chuva logo depois, essa água encanada seria possivelmente desperdiçada.

A alteração consistiu em mudar a entrada da água encanada para um local localizado a 10 cm do fundo do reservatório, sendo assim, quando o nível estiver baixo, uma bóia instalada nessa entrada de água controlará o nível. Com essa mudança haverá uma maior economia de água encanada, já que apenas uma pequena quantia de água entrará no reservatório, evitando consumir água encanada em caso de precipitação de chuva.



Figura 6 – Hidrômetro 1
Fonte: Autoria própria

Para o monitoramento do consumo, foi instalado na entrada de água encanada do reservatório um hidrômetro, denominado hidrômetro 1, da marca Itron, $Q_{min}=30$ l/h, $Q_{max}=1,5$ m³/h, com início de funcionamento a partir de 8 l/h, conforme Figura 6.

4.4 MONITORAMENTO DO CONSUMO TOTAL DE ÁGUA

Para monitorar o consumo de água total, foi instalado um hidrômetro na saída do reservatório, toda a água utilizada na irrigação será contabilizada por esse medidor, este denominado hidrômetro 2, observado na Figura 7.



Figura 7 – Hidrometro 2
Fonte: Autoria própria

Logo após o medidor do consumo total está localizada a motobomba, Figura 8, que abastece as tubulações de irrigação até três aspersores que irrigam a horta. A motobomba em questão tem a potência de $\frac{1}{2}$ HP, com vazão máxima de $2,2 \text{ m}^3/\text{h}$.



Figura 8 – Motobomba
Fonte: Autoria própria

4.5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

A captação da água da chuva para irrigação é feita através de um telhado localizado ao lado da horta, com área de captação aproximada à 40 m^2 . Uma calha é responsável pela coleta da água que é conduzida através de uma cano de PVC com

diâmetro de 100 mm até o reservatório. A Figura 9 mostra um sistema de captação da água da chuva idêntico ao do projeto.

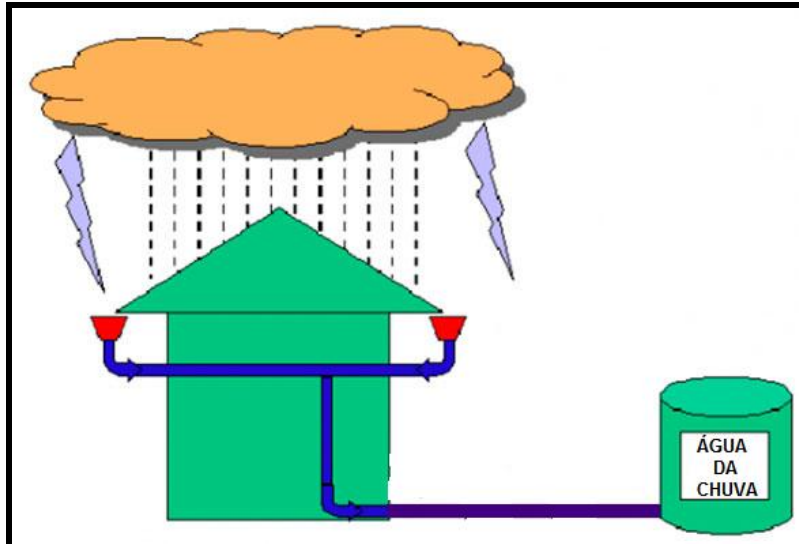


Figura 9 – Sistema de captação da água da chuva
Fonte: Casos de casa, 2013.

6 MONITORAMENTO E RESULTADOS

6.1 COLETA DE DADOS

Segundo LOPES (2004), conhecer a quantidade de água requerida pelas culturas é de grande importância para a realização de um correto manejo de irrigação.

O manejo da irrigação deve ser considerado prática importante para obtenção de qualidade e produtividade da cultura (BERNARDO, 2006).

Conhecer a prática de irrigação além de otimizar a produção, reduz o consumo desnecessário de água, conservando assim os recursos hídricos, melhorando o desempenho e a sustentabilidade dos sistemas de irrigação.

Após instalar o sistema de monitoramento, foram coletados os dados de consumo de energia elétrica e água. O tempo que a irrigação permanece ligado é de 10 minutos diários, sendo pela manhã das 07:00 h às 07:05 h e a noite das 19:00h às 19:05h. O tempo que a irrigação permanece ligada é ajustado em função da quantidade média de água necessária para as hortaliças cultivadas na respectiva área da horta, sendo necessários aproximadamente 36 litros ao dia (EMATER, 2013).

Os horários já estavam pré-estabelecidos no timer levando em consideração os melhores horários para a rega devido a intensidade do sol, pois a rega deve ocorrer quando há pouca incidência solar. Quando houver muita intensidade do sol a rega é prejudicial às hortaliças (EMBRAPA, 2013).

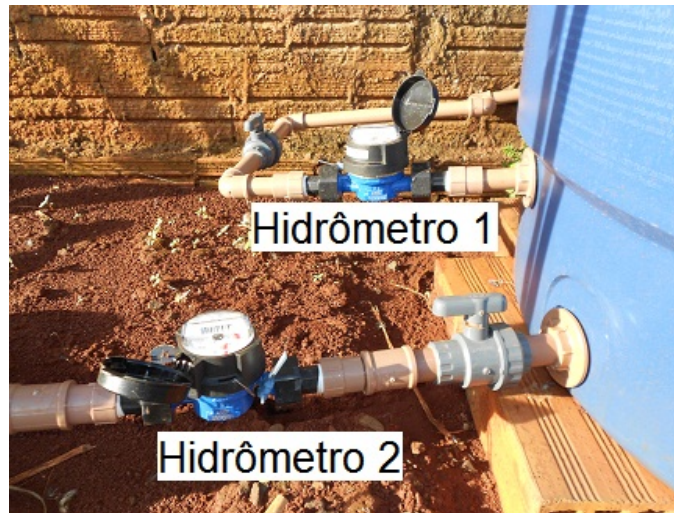


Figura 10 – Hidrômetros
Fonte: Autoria própria

O sistema foi monitorado por um período de 4 meses, entre os meses de outubro de 2013 e janeiro de 2014, sendo ao final de cada mês feita a leitura dos valores dos hidrômetros sempre ao final do último dia do mês, após a segunda irrigação diária. O hidrômetro 1 foi responsável pela totalização do consumo de água encanada consumida e o hidrômetro 2, do consumo total de água do sistema, conforme Figura 10. Com o consumo de energia elétrica aconteceu o mesmo, porém como havia apenas um medidor monitorando o sistema, o mesmo registrou o consumo total de energia e a coleta do consumo era feita no mesmo instante do consumo de água.

Durante o período de monitoramento, os tempos de irrigação não foram alterados, para não haver interferência nos valores de consumo. A chave de controle de automático, desligado e manual também não foi alterada, permanecendo sempre na posição de automático.

6.2 VALORES OBTIDOS

Após os dados coletados, iniciou-se a parte dos cálculos de consumo de energia elétrica e da economia de água encanada, para determinar a viabilidade econômica ou não deste sistema.

Para isso foram comparados quantos metros cúbicos de água o sistema consumiu em cada mês e o quanto de água encanada foi utilizado, determinando assim a quantia de água encanada economizada com o reaproveitamento da água da chuva. Após foram calculados os valores da economia em dinheiro, observou-se a quantia de metros cúbicos consumidos e o valor cobrado por metro cúbico de água pela SANEPAR, responsável pelo fornecimento da água encanada. Para realizar o cálculo de quanto foi economizado de água, foi levado em consideração à tarifa cobrada pelo excedente da taxa mínima de consumo, preço este de R\$ 3,54 por m³.

Com a energia elétrica foi realizado o mesmo, anotou-se ao fim de cada mês o valor total consumido pelo sistema em kWh e em seguida, calculado o valor gasto em função do preço do kWh, cobrado pela COPEL, responsável pelo fornecimento de energia elétrica. Durante o período de monitoramento o valor pago foi de R\$ 0,397 pelo kWh.

6.2.1 Economia de Água

O consumo total de água não teve muita variação de um mês para outro como esperado, já que o sistema é cíclico e não teve os tempos de rega alterados, mas o consumo de água encanada variou de um mês para outro em função da precipitação de chuva. Na região oeste do Paraná, as secas prolongadas são raras, sendo assim, é possível com a utilização de um reservatório de 1000l, aproveitar quantidade significativa de água da chuva para a irrigação da área em questão. Segundo a SEAB (2010), temos uma média superior a 100mm mensais de chuva na região.

No primeiro mês ocorreu um consumo maior de água encanada devido ao fato do reservatório estar inicialmente vazio, devido às alterações necessárias o mesmo foi esvaziado. Como podemos ver na Tabela 3, o primeiro mês tivemos o consumo total de 1,12 m³ de água e um consumo de água encanada de 0,87 m³, sendo economizado aproximadamente 22,3% de água encanada. O valor economizado em dinheiro foi de R\$ 0,88.

Tabela 1 – Leitura hidrômetro 1

Mês	Leitura atual(m³)	Leitura anterior (m³)	Diferença(m³)
Outubro	0,87	0,00	0,87
Novembro	0,99	0,87	0,12
Dezembro	1,20	0,99	0,21
Janeiro	1,28	1,20	0,08

Fonte: Autoria própria.

A partir do segundo mês percebe-se uma economia maior em relação ao primeiro período. O consumo total do segundo mês foi de 1,07 m³ e o consumo de água encanada foi de apenas 0,12 m³, gerando uma economia maior que 88,7% totalizando o valor de R\$ 3,36.

No terceiro mês teve-se um consumo total do sistema de 1,13 m³ sendo a água encanada utilizada 0,21 m³, ou seja, economizou-se 81,4% de água e um valor de R\$ 3,25.

Tabela 2 – Leitura hidrômetro 2

Mês	Leitura atual(m³)	Leitura anterior(m³)	Diferença(m³)
Outubro	1,12	0,00	1,12
Novembro	2,19	1,12	1,07
Dezembro	3,32	2,19	1,13
Janeiro	4,42	3,32	1,10

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 – Economia de água

Mês	Hidrômetro 1(m ³)	Hidrômetro 2(m ³)	Economia(m ³)	Valor economia(R\$)
Outubro	0,87	1,12	0,25	0,88
Novembro	0,12	1,07	0,95	3,36
Dezembro	0,21	1,13	0,92	3,25
Janeiro	0,08	1,10	1,02	3,62

Fonte: Aatoria própria.

O último mês monitorado foi o de janeiro, porém o mesmo foi monitorado até o dia 15, devido ao fato da entrega do trabalho ser antes do término do mês. Durante o período obteve-se um consumo total de 0,55 m³ com aproveitamento de praticamente 93% da água da chuva, sendo feita uma economia de R\$ 1,81 devido ao consumo apenas de 0,04 m³ de água encanada. Para fins de estudo, considerou-se como mês inteiro, para isso os valores foram multiplicados por 2, devido ao fato de que o monitoramento real aconteceu apenas no período de 15 dias.

6.2.2 Gasto com Energia Elétrica

Com o auxílio do medidor de consumo de energia elétrica, totalizou-se a quantidade de kWh consumida pelo sistema de irrigação, o qual utiliza uma contatora para ligar a bomba, sendo a contatora acionada por um controlador horário, um timer. Como o medidor era novo, seu display estava zerado, iniciou-se então a contabilizar o consumo a partir do zero e ao final de cada mês anota-se o valor registrado pelo mesmo. Verifica-se na Tabela 4 os valores coletados para cada mês.

No final do primeiro mês obteve-se uma leitura de 1,88 kWh de consumo, sendo gasto em dinheiro um valor de R\$ 0,75 devido o preço do kWh custar R\$0,397. No mês seguinte, houve um consumo de 1,81 kWh gerando um custo de aproximadamente R\$ 0,72. No terceiro mês observa-se um consumo de 1,86 kWh que gerou um custo de R\$ 0,74. Para o quarto mês estipula-se um consumo de 1,88

kWh custando R\$ 0,75, já que o monitoramento, como citado anteriormente, foi referente a 15 dias, sendo neste período consumido 0,94 kWh.

Tabela 4 – Consumo de energia elétrica

Mês	Leitura atual(kWh)	Leitura anterior(kWh)	Diferença(kWh)	Valor gasto(R\$)
Outubro	1,88	0,00	1,88	0,75
Novembro	3,69	1,88	1,81	0,72
Dezembro	5,55	3,69	1,86	0,74
Janeiro	7,43	5,55	1,88	0,75

Fonte: Aatoria própria.

6.2.3 Comparação de Valores de Consumo com Água e Energia

Após a coleta de dados e contabilização das tarifas, pode-se observar os dados conforme a Tabela 5, em que no mês de outubro ocorreu apenas uma economia de RS 0,13 devido ao reaproveitamento da água.

Tabela 5 – Comparação de valores de consumo com água e energia

Mês	Gasto água(R\$)	Gasto energia elétrica(R\$)	Economia(R\$)
Outubro	0,88	0,75	0,13
Novembro	3,36	0,72	2,64
Dezembro	3,25	0,74	2,51
Janeiro	3,62	0,75	2,87

Fonte: Aatoria própria.

No mês de novembro, a economia de água chegou a R\$ 3,36 e o gasto com energia foi de apenas R\$ 0,72. Já no mês seguinte, economizou-se R\$ 3,25 com a água e para o sistema funcionar gastou-se R\$ 0,74 com energia, diferença de R\$

2,51. Para o mês de janeiro, estipula-se um gasto de R\$ 0,75 com energia elétrica e uma economia de R\$ 3,62 com o reaproveitamento da água da chuva.

Para implantação do sistema de irrigação, teve-se um custo inicial, o mesmo chegou a R\$ 500,00 como está detalhado na Tabela 6. Para determinação da viabilidade econômica não foi levado em conta os custos com manutenção do sistema, como possível troca de rolamentos da motobomba e alguns reparos que possam a serem feitos no sistema hidráulico da irrigação. Os custos dos hidrômetros e do medidor de consumo de energia elétrica também não foram contabilizados, devido ao fato de que não são necessários ao sistema de irrigação, apenas serviram para monitorar o consumo, sendo que foram retirados logo após o período de coleta dos dados.

Tabela 6 – Materiais utilizados na irrigação

Quantidade	Descrição	Valor(R\$)
1 unidade	Motobomba ½ HP	120,00
6 metros	Cano PVC 25mm	6,00
3 metros	Cano PVC 20mm	5,00
1 unidade	Reservatório 1000L	172,00
1 unidade	Timer	42,00
1 unidade	Contator 10A	60,00
1 unidade	Quadro c/ tampa	20,00
1 unidade	Chave 10A	11,00
1 unidade	Disjuntor 20A	13,00
6 unidades	Conexão PVC 25mm	12,00
4 unidades	Conexão PVC 20mm	9,00
3 unidades	Aspersor de irrigação	21,00
30 metros	Mangueira ½"	9,00
	Total	500,00

Fonte: Autoria própria.

Cabe ressaltar que o custo com a implantação da irrigação poderia ser inferior ao mencionado, a motobomba utilizada tem potência superior a requerida para o sistema, porém a mesma estava sem uso na propriedade, sendo então empregada no sistema. Possivelmente poderia-se com a economia em relação ao custo da motobomba, utilizar um reservatório com maior capacidade de armazenamento e ter um aproveitamento maior da água da chuva na irrigação, como possivelmente para outros fins.

6.2.4 Objetivos Alcançados

Ocorreu uma economia financeira em todos os meses em que o monitoramento foi realizado, economia esta que ficou em média de R\$ 2,00 ao mês. Levando em consideração o valor investido inicialmente no sistema, levaria um longo período de tempo para o sistema ser pago pela economia de água levando em conta o valor médio mensal economizado, algo em torno de 20 anos, isso sem levar em consideração as possíveis manutenções do sistema.

Através das medições referentes ao consumo de energia elétrica e água, observou-se que o valor gasto inicialmente com a implantação da irrigação leva alguns anos para retornar ao usuário, porém a economia de água é grande em relação ao consumo total.

Como o objetivo do presente trabalho era avaliar a viabilidade econômica da irrigação em questão, afirma-se que a mesma gera economia ao usuário, porém a economia é relativamente baixa em comparação ao valor investido inicialmente. Vale salientar que o custo inicial da irrigação poderia ser menor, pois foram utilizados materiais disponíveis na propriedade, como por exemplo a motobomba, esta de ½ HP mas que poderia ser de potência menor, com menor custo.

Depois de o sistema estar instalado, o mesmo traz sim um retorno ao usuário, ao levar em conta o fator sustentabilidade, percebe-se o quanto o projeto é viável. A reutilização da água da chuva gerou uma economia no processo, devido ao fato da economia com o reaproveitamento da água ser maior em comparação ao gasto com energia elétrica. Teve-se uma economia média de R\$ 2,00 ao mês para a área irrigada de 50 m², com a utilização de um reservatório de 1000 litros.

Além destes fatores, o mais importante foi a constatação da importância da sustentabilidade, no caso em questão a água foi usada apenas para irrigação, porém com um reservatório de maior capacidade, o armazenamento de água poderia suprir outros consumos não potáveis, como a lavagem de calçadas e veículos.

Observou-se que o reservatório utilizado poderia ser de maior capacidade, pois em algumas precipitações o mesmo transbordava. Em caso de aproveitamento de um volume maior de água, teria-se uma economia de água encanada maior ainda e o excedente poderia ser utilizado em outros fins não potáveis. Com isso, a sustentabilidade seria ainda maior e a viabilidade tenderia a aumentar.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vivemos em um mundo em que o consumo de recursos naturais não renováveis ainda é elevado, apenas agora no século XXI que as fontes renováveis de energia estão sendo melhores avaliadas e utilizadas. Muito ainda se discute sobre a viabilidade dessas alternativas, mas o fato é que precisamos de eficiência e racionalização dos recursos naturais.

Sendo assim, avaliou-se a viabilidade econômica de uma irrigação para mensurar os gastos envolvidos com a mesma e os benefícios que a mesma gera ao usuário.

O reaproveitamento da água da chuva para qualquer que seja a finalidade é um fator muito importante para a sustentabilidade, no caso a água da chuva foi utilizada apenas para a irrigação, porém pode-se utilizar esta água para várias finalidades: lavar calçadas, lavar veículos e até mesmo com um projeto mais elaborado, a água da chuva poderia ser utilizada nos vasos sanitários da própria residência.

O reservatório supriu quase totalmente a irrigação, porém com um reservatório maior, a captação seria maior, haveria maior quantidade de água estocada para suprir por um intervalo de tempo maior a irrigação. Observou-se ainda, que em algumas chuvas o reservatório transbordava, ou seja, se existisse um reservatório maior essa água não seria desperdiçada, e poderia ser utilizada para outros fins não potáveis.

Concluimos ao final deste trabalho que a irrigação em questão é um exemplo de sustentabilidade, a utilização da água da chuva no processo exemplifica bem como podemos incorporar projetos sustentáveis até mesmo em pequenas tarefas do cotidiano, sem precisar de muito investimento e tecnologia. Observou-se ainda que com um reservatório maior, haveria maior viabilidade aumentaria o fator sustentabilidade.

Para estudos futuros sugere-se uma avaliação de um sistema de irrigação com dimensionamento adequado da motobomba bem como monitoramento da umidade do solo e equacionamento da mão de obra despendida para fazer a irrigação. Também a avaliação de um sistema de irrigação por gravidade desconsiderando a utilização da motobomba, conforme a declividade do terreno.

REFERÊNCIAS

- ANNECCHINI, Karla Ponzio Vaccari. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória(ES)**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Espírito Santo. 2005. 150f.
- BRAGA, N. C., **Curso básico de eletrônica**. São Paulo: Editora Saber, 1999. 140 p.
- BRASIL ESCOLA, **Ciclo da água**. Disponível em: <www.brasile scola.com> Acesso em 12 de dezembro de 2013.
- CASOS DE CASA. **Captação de águas pluviais**. Disponível em: <www.casosdecasa.com.br> Acesso em 04 de janeiro de 2014.
- CETESB. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em 06 de janeiro de 2014.
- CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. São Paulo, 2009.
- DAHLE, David. **Dave's old watthour meter webpage**. Disponível em: <<http://watthourmeters.com/others/fuller.html>> Acesso em 08 de dezembro de 2013.
- FERNANDES, André Luiz Genelhú. **Sustentabilidade das construções: Construções para um futuro melhor – Reaproveitamento da água**. Belo Horizonte, 2009.
- FERREIRA, Josiane Bezerra. **Análise de formas de medição de consumo de energia elétrica no setor residencial**. Trabalho de graduação. Recife, 2012. 74 f.
- GONÇALVES, Ricardo F. et al. **Conservação de água no meio urbano**. Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES , 2006.
- HOLANDA, Marcos Arruda Guerra de, **Medição individualizada em edifícios residenciais: controle e redução do consumo de água potável**. Dissertação(Mestrado) Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria de Ensino, Pesquisa e Extensão. 2007. 133f.
- INMETRO. **Hidrômetro**. Disponível em: <www.inmetro.rs.gov.br> Acesso em 03 de janeiro de 2014.
- ITRON. **Medidores de água**. Disponível em: <www.itron.com/brasil/pt> Acesso em 13 de dezembro de 2013.
- JABUR, Andréa S. **Aproveitamento de água pluvial**. Pato Branco, 2011. Apresentação em PowerPoint.

KIENZLE-HALLER. **Medidor de consumo KMC.** Disponível em <www.kienzlehaller.com.br> Acesso em 28 de novembro de 2013.

LAMBERTS, Roberto. **Conforto ambiental nas edificações.** São Paulo, 2004. Disponível em: <www2.videolivrraria.com.br> Acesso em 11 de novembro de 2013.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais.** 6ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora LTC, 2001. 753p.

MEYER, Gabriel Ladeira, **Controle de sistema de irrigação com monitoramento via programação.** (Monografia) Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas-UFOP. 2005. 68 p.

MINATTO, Matheus Waschow. **Água de chuva: uso para irrigação em agricultura familiar.** Trabalho de diplomação. Porto Alegre, 2013. 87 f.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Ciclo hidrológico.** Disponível em: <www.mma.gov.br> Acesso em 08 de janeiro de 2014.

PEREIRA, Patrícia Isabel. **Construção sustentável: o desafio.** Porto Alegre, 2009.

PROVIN, Ângela Aparecida. GROBE, Lucas Rafael, **Racionalização do consumo de energia e água nas residências de médio padrão.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnologia Federal do Paraná, Campus de Pato Branco. 2012. 69 p.

SABER ELETRÔNICA. **Saber Eletrônica Online,** Disponível em: <www.sabereletronica.com.br/> Acesso em 24 de dezembro de 2013.

VASCONCELOS, Leonardo Ferreira de. FERREIRA, Leomar Mendes, **Captação de água da chuva para uso domiciliar.** (Estudo de caso) Universidade Católica de Goiás. 2007. 20f.