

CAROLINA MARQUES KOZLAKOWSKI
RAFAEL GANDARA SANTOS

PROJETO DE ENERGIA ALTERNATIVA E IRRIGAÇÃO NA
COMUNIDADE DE VILA NOVA ESPERANÇA

Projeto de Formatura II apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo, no
âmbito do Curso de Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Célio Bermann

São Paulo
2018

Catálogo-na-publicação

Kozlakowski, Carolina

PROJETO DE ENERGIA ALTERNATIVA E IRRIGAÇÃO NA
COMUNIDADE DE VILA NOVA ESPERANÇA / C. Kozlakowski, R. Santos --
São Paulo, 2018.

55 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental.

1.energia 2.energia solar 3.irrigação 4.sustentabilidade I.Universidade de
São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Hidráulica e
Ambiental II.t. III.Santos, Rafael

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Celio Bermann, nosso orientador, pelo incessante apoio e dedicação desde a nossa primeira reunião, quando apresentamos nossa ideia de TCC. As correções de percurso sugeridas pelo professor foram de grande valia para o projeto, mas mais ainda, para a nossa formação acadêmica e também profissional. Sempre nos tratou como profissionais formados.

Agradecemos à Dona Lia, líder comunitária da Vila Nova Esperança, que nos acolheu tantas vezes e não só permitiu que esse trabalho acontecesse como também nos inspirou ainda mais com sua luta em prol da sustentabilidade. Também agradecemos a todos aqueles que estiveram presentes em nossas visitas e compartilharam conosco um pouco do seu dia-a-dia no centro comunitário, nós os admiramos como exemplos de trabalho, esforço e honestidade.

Agradecemos ao colega Gustavo Carceles Fráguas que nos acompanhou na primeira parte do trabalho. Também agradecemos à primeira banca que nos avaliou e nos trouxe ensinamentos valiosos através de críticas bastante construtivas, Renato Zambon e Rodolfo Scarati.

Agradecemos às pesquisadoras Cristina e Marilin pelo apoio técnico com relação às questões de energia solar e bioenergia.

Agradecemos ao Cláudio e ao Ricardo da Unitron pelo suporte em relação às placas solares e a possível doação para a execução deste projeto; não são apenas profissionais que vivem da sustentabilidade, são pessoas que acreditam nela.

Agradecemos à Carol da ONG Teto e ao Lucas do setor de mapeamento, pelo trabalho sério e dedicado pela melhora das condições sociais e habitacionais dos menos favorecidos, não só na VNE como no mundo todo. Agradecemos profundamente pelos dados topográficos que foram essenciais para fundamentar este trabalho.

RESUMO EXECUTIVO

Este projeto procurou desenvolver e solucionar questões de sustentabilidade na Vila Nova Esperança. A partir das carências encontradas em reuniões e visitas de campo, foram delimitados os principais problemas aos quais o grupo poderia propor soluções, aplicando o conhecimento técnico interdisciplinar próprio da Engenharia Ambiental.

A primeira parte do trabalho discorre sobre as carências energéticas encontradas na VNE, e propõe soluções viáveis do ponto de vista técnico e socioambiental buscando formas de prover energia limpa e renovável para o centro comunitário. A alternativa escolhida, a partir de análise de méritos, foi o uso de energia solar fotovoltaica para as necessidades de energia elétrica, e o biogás como possível substituto do gás de cozinha.

A segunda parte do trabalho propõe um projeto de irrigação semiautomática capaz de garantir maior produtividade para a horta comunitária e menor impacto ambiental. A alternativa escolhida, a partir de análise de méritos, foi uma rede de microaspersores, posteriormente dimensionada a partir de informações espaciais e cálculos de perda de carga.

Também foram anexados outros temas menos focados pelo grupo mas com potencial de impacto positivo nas questões de sustentabilidade da comunidade, como a prática de compostagem e a necessidade de um sistema de drenagem urbana para tratamento da poluição difusa.

O método de análise de méritos utilizado envolveu a escolha de critérios de avaliação, aplicados em uma matriz de decisão, cada critério com um determinado peso. A alternativa escolhida a partir desse método é a de melhor pontuação na matriz de decisão.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 ALTERNATIVAS PARA ENERGIZAÇÃO	10
2.1 BIOENERGIA	17
2.1.1 RESÍDUOS ORGÂNICOS NA VNE E DIMENSIONAMENTO	18
2.1.2 BIODIGESTOR RURAL E FORNO À BIOGÁS	18
2.1.3 OBTENÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA	20
2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	20
2.2.1 ALTERNATIVAS PARA ENERGIA FOTOVOLTAICA	22
2.2.2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	22
2.2.3 MÉRITOS PARA OS CRITÉRIOS	23
2.2.4 ESCOLHA DA SOLUÇÃO	25
2.2.5 ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO	26
3 ALTERNATIVAS PARA IRRIGAÇÃO	31
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS DE IRRIGAÇÃO	32
3.1.1 ASPERSÃO	32
a) Convencional	32
b) Mecanizado	33
3.1.2 LOCALIZADA	34
a) Gotejamento superficial	34
b) Microaspersão	35
3.1.3 SUPERFÍCIE	36
a) Sulcos	36
b) Inundação	37
3.1.4 SUBTERRÂNEA	38
a) Elevação do Lençol Freático	38
b) Gotejamento Subsuperficial	39
3.2 CRITÉRIOS E RESTRIÇÕES	40
3.3 MÉRITOS PARA OS CRITÉRIOS/RESTRIÇÕES	40
3.3.1 CUSTO E COMPLEXIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO	40
3.3.2 CUSTO E COMPLEXIDADE DE MANUTENÇÃO	40
3.3.3 CONSUMO DE ENERGIA	41
3.3.4 GANHO DE PRODUTIVIDADE	41
3.3.5 ADEQUAÇÃO À TOPOGRAFIA	41
3.3.6 ADEQUAÇÃO AO SOLO	41
3.3.7 ADEQUAÇÃO AO CLIMA	41
3.3.8 ADEQUAÇÃO À POLICULTURA	42
3.3.9 POTENCIAL DE EROÇÃO	42
3.4 ESCOLHA DA SOLUÇÃO	42

3.5 ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO	42
a) VAZÃO DE REFERÊNCIA	43
b) ÁREA IRRIGADA	43
c) TURNO DE REGA	43
d) VAZÃO POR HORA	44
e) MICROASPERSORES	44
f) LINHAS LATERAIS	44
g) LINHA PRINCIPAL	45
h) PRESSÃO DA BOMBA	46
i) ESCOLHA DA BOMBA	46
j) CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA A BOMBA	46
k) CISTERNA	47
l) ENERGIA NA BOMBA	47
m) LISTA DE MATERIAIS	47
4 CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES	48
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
6 ANEXOS	49
6.1 Catálogos painéis:	49
6.2 Catálogo bomba	49
6.3 Manual de instalação controlador XW:	49
6.5 OUTRAS QUESTÕES EM SUSTENTABILIDADE	49
6.5.1 COMPOSTAGEM	49
a) Fatores e Dimensionamento	50
b) Materiais	51
c) Minhocas	52
d) Localização	53
e) Lixo Orgânico Recomendado e Não Recomendado	53
f) Conclusão	54
6.5.2 POLUIÇÃO DIFUSA E DRENAGEM URBANA	54

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Rede elétrica da Eletropaulo
- Figura 2: Iluminação pública a LED
- Figura 3: Área iluminada pela luminária
- Figura 4: Corte longitudinal do poste de LED
- Figura 5: Postação unilateral
- Figura 6: Imagem aérea da rua com as indicações das posições dos postes
- Figura 7: Aumento da velocidade do vento conforme altura
- Figura 8: Turbina eólica de eixo vertical
- Figura 9: Digestão anaeróbia de um biodigestor
- Figura 10: Biodigestor modelo Indiano
- Figura 11: Biodigestor instalado em área rural
- Figura 12: Fogão a biogás
- Figura 13: Irradiação e potencial solar elétrico
- Figura 14: Irradiação solar na grande São Paulo: potencial energético sub-utilizado
- Figura 15: Radiação solar diária.
- Figura 16: Sistema elétrico do centro comunitário e iluminação pública
- Figura 17: aspersão convencional
- Figura 18: aspersão mecanizada
- Figura 19: gotejamento superficial
- Figura 20: microaspersão
- Figura 21: irrigação por sulcos
- Figura 22: irrigação por inundação
- Figura 23: irrigação por elevação do lençol freático
- Figura 24: Gotejamento Subsuperficial
- Figura 25: microaspersor
- Figura 26: montagem do aspersor
- Figura 27: Sistema de irrigação
- Figura 28: composteiras
- Figura 29: diagrama de montagem de uma composteira
- Figura 30: corte de um jardim de chuva

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1: demandas energéticas do centro comunitário.
- Quadro 2: Consumo energético do centro comunitário
- Quadro 3: Consumo energético da bomba
- Quadro 4: Consumo energético iluminação pública
- Quadro 5: matriz de decisão energia solar fotovoltaica
- Quadro 6: Modelos de painéis fotovoltaicos
- Quadro 7: Áreas necessárias por modelo de painel
- Quadro 8: matriz de decisão para irrigação

1 INTRODUÇÃO

Na zona oeste de São Paulo, próximo a Taboão da Serra, localiza-se a comunidade Vila Nova Esperança. Segundo os próprios moradores, os primeiros lotes foram comprados nos anos 1960, mas não foram registrados em cartório. Hoje abriga mais de 500 famílias e sofre com a falta de infra-estrutura básica.

Devido a sua proximidade ao Parque Tizo, em 2001 a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) alegou que a ocupação causava danos ao meio ambiente e pediu a reintegração de posse da área. Foi feito um acordo com cerca de 100 famílias, que foram retiradas. Às outras famílias restou a dúvida e o medo de serem desalojadas sem projeto de realocação.

O processo judicial (SÃO PAULO, 2003) e a situação geral foram vistos com indignação pelos moradores, uma vez que a região viu crescer inúmeros condomínios de alto padrão, tão próximos à área de preservação quanto a Vila. ONGs e procuradores públicos se mobilizaram e conseguiram impedir a remoção imediata dos moradores. Foi acordado que as famílias já instaladas seriam cadastradas e poderiam permanecer, mas novas unidades não seriam mais aceitas.

Após as investidas judiciais, a associação se mobilizou e colocou como meta a transformação da comunidade em uma sustentável, ou seja, ocupar e utilizar a terra sem esgotar ou inviabilizar o uso futuro de seus recursos. Vemos mais um exemplo da sustentabilidade sendo usada para a retirada de populações de baixa renda de regiões de interesse imobiliário e, em contrapartida, usada como argumento de permanência pela própria população. Desde então, os moradores já montaram uma horta comunitária; têm uma central de coleta e separação de resíduos; fazem compostagem; conseguiram luz elétrica para as vias públicas; construíram uma cozinha, uma biblioteca e estão construindo outras facilidades compartilhadas, como o espaço de convivência, centro recreativo e educacional. Na cozinha comunitária, as moradoras funcionárias preparam refeições utilizando também alimentos cultivados na horta. A receita dessas vendas é investida no centro comunitário e em projetos de educação ambiental.

A comunidade atingiu projeção internacional a partir de seu projeto de horta comunitária e outras iniciativas na direção do desenvolvimento sustentável. Há vários projetos em andamento realizados pela própria comunidade, o que demonstra um grande comprometimento da mesma com a causa. A partir disso, e das necessidades verificadas durante visitas de nossa equipe, demonstrou-se que há grande potencial de atuação e realização por parte de nós, alunos da Engenharia Ambiental, aplicando-se as técnicas e o conhecimento adquiridos no curso.

Deste modo, o projeto propõe-se a identificar e analisar as deficiências, necessidades e desafios da comunidade, assim como os espaços para aprimoramento de suas atividades e projetos, no que tange ao desenvolvimento sustentável. Para a elaboração deste trabalho, foram utilizados dados levantados na primeira etapa da disciplina, em 2017, além da revisão bibliográfica realizada nos dois períodos. A seguir descrevemos o quadro em que se encontra a comunidade de Vila Nova Esperança:

De acordo com a Associação de Moradores a Comunidade conta com mais de 500 famílias, sendo que 483 estão no processo de regularização. As demais famílias, chegaram em momento posterior ao início do processo de regularização e se estabeleceram sobre Área de Preservação Permanente. As 483 famílias em processo de regularização têm acesso autorizado à rede elétrica e iluminação pública em frente às suas casas. Alguns

espaços de importância coletiva não são iluminados, como a rua do centro comunitário e da horta, no trecho onde não há casas.

A horta comunitária foi concebida no início dos anos 2000, em um terreno da Sabesp, posteriormente doado pela mesma. Hoje, há uma equipe fixa de 9 moradores, que recebem uma bolsa para trabalhar 6 horas por dia, de segunda a sexta, dentro da comunidade. Este trabalho envolve a horta, a separação de resíduos coletados e os projetos do centro comunitário. Junto à horta, há uma pequena composteira rudimentar, uma caixa de madeira de aproximadamente 9 m³. Também há uma pequena estufa no centro da horta, onde predominam sementeiras e o cultivo de mudas, para posterior plantio. A área da horta é de 1170m² com declividade entre 5% a 7%, e a área em expansão, 500m² com declividades que chegam a 50%.

Seguindo o conceito de Brundtland sobre sustentabilidade (UNITED NATIONS, 1987), o grupo identificou as implicações da ocupação sobre os recursos do meio ambiente, avaliando o quanto suas atividades comprometem o uso destes pelas gerações futuras. Para tal, foram utilizados procedimentos de Avaliação de Impacto Ambiental, metodologia largamente usada no mundo todo e com anos de aprimoramento. A avaliação ambiental neste trabalho foi feita a partir de uma caracterização prévia do meio impactado (físico, biótico ou antrópico); seguida da listagem das atividades realizadas na comunidade; análise de como essas atividades se relacionam com o ambiente (aspectos) e identificação de impactos.

Há diversos tipos de ferramentas que auxiliam na tarefa de prever e identificar impactos, que tornam a avaliação mais precisa (SANCHEZ, 2006). As listas de verificação são formuladas por equipes experientes em vários tipos de empreendimento e funcionam como um *check-list* de possíveis impactos. Foram utilizadas listas de verificação do Livro de consulta sobre Avaliação Ambiental do Banco Mundial (WORLD BANK, 1991) elaboradas com experiências anteriores na construção civil e habitação. Para cada atividade são apontados os aspectos ambientais relevantes e os respectivos impactos.

Com base nas análises feitas sobre as listas de atividades e impactos, foram identificadas duas demandas que poderiam ser atendidas com projetos de engenharia ambiental: melhoria do processo de irrigação da horta comunitária e implantação de um sistema de energia alternativa mais abrangente e eficiente. Outras demandas também consideradas importantes foram tratadas em um texto anexo a este relatório. Foram indicadas soluções mas os dimensionamentos foram realizados com menor detalhe, apenas como propostas para a comunidade ou para próximos estudos.

Os projetos foram concebidos com base nas aspirações dos moradores, numa tentativa de compatibilizar as demandas com a dificuldade de se conseguir recursos e experiências anteriores encontradas na academia. Para cada demanda serão analisadas alternativas, comparando as alternativas frente a critérios estabelecidos pelo grupo como importantes. Os critérios terão pesos diferentes, conforme sua relevância, e as alternativas receberão notas comparativas. Essas notas serão organizadas em matrizes de decisão para a escolha da solução final.

Em função da dificuldade de acesso a preços dos componentes dos projetos e levando em conta que a comunidade muitas vezes recebe os materiais, não foi possível saber exatamente o valor que seria gasto em cada alternativa. Foi feita, porém uma avaliação com estimativas de custos, com base no conhecimento de técnicos e professores que nos auxiliaram.

2 ALTERNATIVAS PARA ENERGIZAÇÃO

Durante visitas à comunidade foi constatada a presença de iluminação pública e rede de energia elétrica. A rede foi autorizada pela Eletropaulo em 2013 e instalada em 2014, após o início do processo de regularização das famílias, havendo medidores de consumo e a iluminação pública sendo feita por meio de postes com LEDs. A rede e a iluminação só não foram instaladas nos locais onde se encontram as famílias que não estão contempladas no processo de regularização.

Durante a entrevista, a liderança da comunidade demonstrou grande interesse em fontes de energia alternativas, e que gostaria que isso fosse concretizado em projetos futuros, já tendo procurado ajuda, sem obter resposta, junto à organização Litro de Luz, reconhecida por levar iluminação de fonte fotovoltaica a comunidades carentes.

Também foi constatado que as casas não utilizam lareiras nem forno a lenha, há ampla utilização de gás não encanado, ao qual as famílias têm fácil acesso.



Figura 1: Rede elétrica da Eletropaulo
Fonte: Foto tirada pelo grupo em visita à comunidade (2017)



Figura 2: Iluminação pública a LED
Fonte: Foto tirada pelo grupo em visita à comunidade (2017)

DEMANDAS A SEREM ATENDIDAS

a. Equipamentos da cozinha comunitária

A cozinha comunitária é utilizada para a elaboração e venda de refeições que fazem parte da renda da organização. Nela, são usados equipamentos doados e já usados, e existe a intenção de ampliar o número de eletrodomésticos. No quadro a seguir estão listados os equipamentos que demandam energia atualmente e os que se pretende adquirir:

Demanda atual			Demanda plano		
Biblioteca			Cozinha		
6 Lâmpadas			Forno a gás	Freezer horizontal	
Cozinha			Hospedagem		
2 Freezers	Fogão industrial a gás	Liquidificador	6 Lâmpadas	Computador	Geladeira
Microondas	2 Lâmpadas Incandescentes				
Processador	2 Lâmpadas fluorescentes				

Quadro 1: demandas energéticas do centro comunitário.

A cozinha usa um botijão de gás a cada 5 dias com o fogão e estima-se que usará a mesma quantidade para o forno. Um botijão comum, de 13 kg, contém cerca de 2,3 m³ de GLP. O poder calorífico superior do GLP é 2400 kcal/m³, ou seja, um consumo de 22080 kcal por mês.

O centro comunitário não recebe conta de luz ou descrição de consumo da companhia de distribuição. O consumo energético será calculado de acordo com as especificações de cada equipamento e com base nos relatos de frequência de utilização. A cozinha é nova e tem poucos meses de uso, a variação mensal será considerada com base em dados de outras cozinhas industriais e o dimensionamento será feito para o mês de previsão de maior demanda de energia elétrica: dezembro, pelo aumento no número de pedidos e por causa da temperatura ambiente, que exige maior gasto dos refrigeradores.

Equipamento	Potência (W)	Voltagem (V)	Período de uso (horas/dia)	Consumo (Wh/dia)
Cozinha				
Freezer	350	220	contínuo*	4000.0
Freezer	350	220	contínuo*	4000.0
Microondas	800	110	0,5	400.0
Processador	800	110	0,33	266.7
Liquidificador	500	110	0,66	333.3
2 Lâmpadas led	24	110	10	480.0
2 Lâmpadas fluorescentes	32	110	10	640.0
Freezer horizontal	300	220	contínuo*	3000.0

Biblioteca				
6 Lâmpadas	40	110	6	480.0
Hospedagem				
6 Lâmpadas	40	110	6	480.0
Geladeira	500	110	contínuo*	2000.0
Computador	50	110	5	250.0
Consumo atual				10600.0
Consumo total				16330.0

Quadro 2: Consumo energético do centro comunitário *equipamentos de uso contínuo tiveram seus consumos calculados segundo o manual da ANEEL e o simulador de consumo da CEEE

b. Bombeamento de água

A irrigação da horta comunitária no momento é feita manualmente, por regadores e mangueiras. Essa tarefa ocupa grande parte do dia dos trabalhadores da horta, que poderiam se dedicar a outras atividades se a rega fosse semi-automatizada. Nos capítulos sobre irrigação foi detalhada a solução escolhida, que requer uma bomba de sucção. A bomba definida é a Versajet VJ-07, de 0,75 cv. Essa bomba irá transportar a água da cisterna construída pelos moradores até caixas d'água em uma cota acima da horta, de forma a armazenar a energia na forma de energia potencial e garantir alguma autonomia de rega. O transporte da cisterna para as caixas d'água será energizado diretamente pelo painel fotovoltaico nos períodos de sol e por baterias carregadas pelo painel ou pela rede elétrica em períodos nublados. A bomba também fornecerá pressão para o sistema de irrigação. No quadro abaixo estão descritos os usos e consumos de energia da bomba:

Uso	Vazão (m3/h)	Potência (W)	Duração (h)	Consumo diário (Wh)
Cisterna-caixas	3	552	3	1.655
Irrigação	3	552	2	1.103
Total				2.758

Quadro 3: Consumo energético da bomba

c. Iluminação pública

O ato de se iluminar um ambiente à noite mostra a intenção de se alcançar alguns objetivos sociais ou econômicos. Esses objetivos comumente são segurança, apoio ao desenvolvimento comercial ou apoio à ocupação residencial ou destaque a espaços coletivos como áreas verdes ou históricas.

Na Vila Nova Esperança, grande parte das vias dispõe de postes de iluminação mas alguns trechos de passagem de veículos e pedestres continuam escuros à noite. Entre o centro comunitário e a horta passa uma rua que os ligam ao restante da comunidade. Esta via não tem iluminação, o que torna a travessia a noite perigosa e dificulta o acesso à cozinha, biblioteca e outras instalações. Antes e depois do trecho da horta há iluminação pública, restando 80 metros de rua sem luminárias.

Por ser uma questão de segurança que tem alto impacto na qualidade de vida dos moradores, daremos maior atenção a essa demanda.

Sistemas de iluminação pública geralmente usam lâmpadas de descarga de alta pressão, como as de vapor de sódio, de mercúrio e de multivapor metálico. A ignição desse tipo de lâmpada e a exigência de estabilidade da corrente em regime permanente impõem a instalação de um reator, geralmente eletromagnético. Entretanto, quando se utilizam baterias ou painéis fotovoltaicos como fonte primária, esse tipo de lâmpada apresenta desvantagens: sua vida útil é inferior à dos painéis e demanda um reator eletrônico que converta corrente contínua (painel e bateria) para corrente alternada (reator eletromagnético). As lâmpadas de descarga de alta pressão podem ser substituídas por LEDs. Segundo Zukauskas e Shur (2002), os novos LEDs apresentam eficiência luminosa e a qualidade de cor suficientes para sua aplicação em sistemas de iluminação. Sua alta vida útil e seu regime de corrente são compatíveis com os dos painéis solares, reduzindo o custo com manutenção, troca de lâmpadas e com o inversor de corrente, o que também eleva a eficiência do sistema. Temos o exemplo recente de aplicação no campus Butantã da Universidade de São Paulo. No caso em questão, preferencialmente os postes serão ligados à rede elétrica, para que a iluminação noturna acontece mesmo em períodos de baixa incidência solar. Portanto pode ser que se instale um inversor de corrente, mas este será menos utilizado do que se fossem empregadas lâmpadas de pressão de vapor.

Neste projeto trabalharemos com postes para iluminação solar idealizados pela empresa *Unitron*, devido à experiência da companhia em empreendimentos similares e à possibilidade de doação de materiais. As luminárias de LED têm potência máxima de 50 W, temperatura de cor entre 3000 K e 6000 K, intensidade máxima entre 4500 lm e 5500 lm, eficiência de 90 lm/W a 110 lm/W, espalhamento luminoso de 170° transversal e 60° longitudinal e índice de reprodução de cor (CRI) 70. Segundo as Normas Técnicas de Iluminação Pública NBR5101, as luminárias LED devem apresentar temperatura de cor entre 3700 K e 4300 K; eficiência luminosa mínima de 100 lm/W; índice de reprodução de cor mínimo de 70 e iluminância de 20 a 40 lux. Por ter o espalhamento com predominância transversal, a área iluminada tem forma de elipse e depende da altura da luminária.

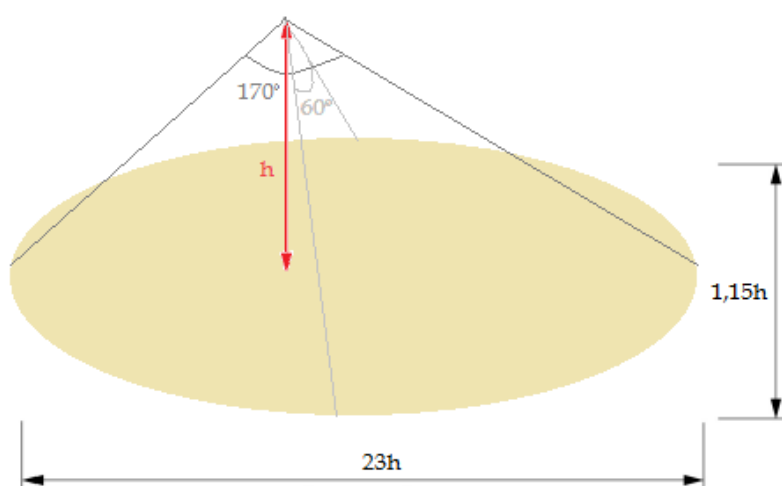


Figura 3: área iluminada pela luminária

Para calcular a iluminância, usaremos a média simples dos ângulos de espalhamento, ou seja, o ângulo de fecho correspondente é 115° . A largura média da rua é de 5 metros, com pouca variação. Um poste de 7 metros de altura com uma luminária de 5000 K e intensidade 5000 lm produz uma iluminância de 35,1 lux, ou seja, ilumina a largura inteira da rua com a iluminância mínima exigida se instalado com braço de 1,1 m e ângulo de 5° da luminária com a horizontal:

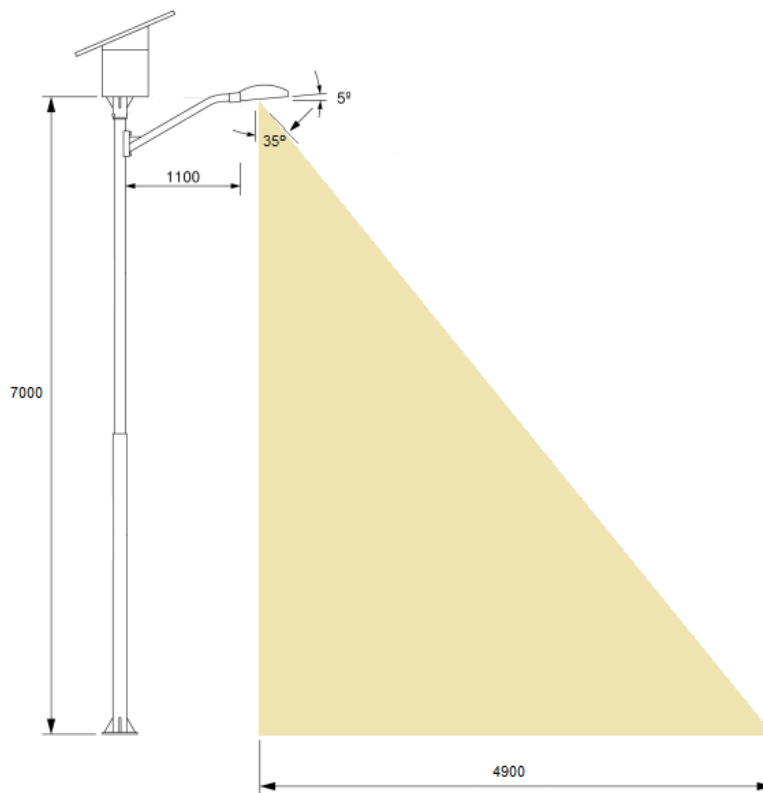


Figura 4: Corte longitudinal do poste de LED. Adaptado de *Unitron*, catálogo poste solar

Como a largura da via é menor que a altura do poste, será feita postação unilateral:

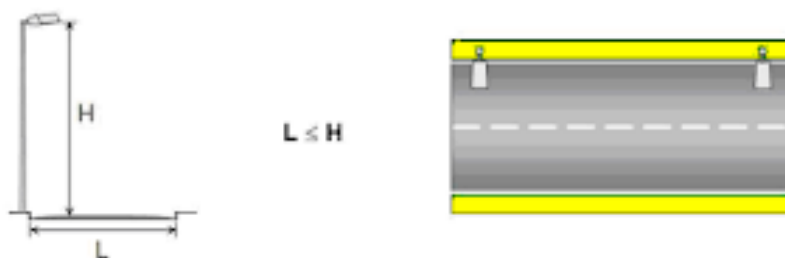


Figura 5: postação unilateral. Fonte: Apostila de noções gerais de Projetos de IP, UTFP

Segundo o manual da rede de Iluminação Pública do Município de São Paulo, a definição das distâncias entre as luminárias deverão ser de tal forma que todos os pontos do logradouro atendam os níveis mínimos de iluminância conforme a norma NBR 5101. No caso, com um ângulo de fecho de 115° , a distância transversal iluminada seria de 22 m. Serão instalados três postes com intervalo de 20 m entre eles e entre os postes já instalados.



Figura 6: Imagem aérea da rua com as indicações das posições dos postes

O período crítico para essa instalação será no inverno, quando as noites são mais longas e a iluminação será usada por mais tempo e o período de insolação é menor. O consumo energético máximo está calculado no quadro 4 abaixo:

Uso	Potência (W)	Duração (h)	Consumo diário (Wh)
3 luminárias	50	12	1.800

ENERGIAS SUSTENTÁVEIS

Nos séculos XIX e XX as civilizações ocidentais basearam sua produção em combustíveis fósseis, altamente energéticos. Essa escolha conduziu à Revolução Industrial, que mudou o cenário mundial e a dinâmica social. Mas também levou a grandes impactos ambientais, desde doenças respiratórias, até mudanças climáticas globais.

Teve início a idealização de fontes alternativas de energia, por conta desses impactos, mas também pelo medo do esgotamento dos combustíveis fósseis, uma vez que seu processo de produção natural é muito mais lento que seu consumo. Buscou-se fontes de energia chamadas renováveis: aquelas que não se findam com o uso. Dentro dessa nova classe de procedência enquadram-se as hidrelétricas, os biocombustíveis, a geração fotovoltaica, entre outras; respeitando a relação consumo - produção. É dito que as variantes renováveis são fluxos de energia, enquanto as fontes não renováveis, como petróleo, carvão e nuclear, são estoques de energia.

Estudos ambientais observaram que fontes renováveis também podem apresentar impactos ambientais relevantes: a utilização de álcool da cana acarreta poluição atmosférica difusa e desmatamento; as hidrelétricas têm alto impacto social nas comunidades ribeirinhas além de alagar grandes áreas verdes. O paradigma da “energia verde” vem se transformando: não basta uma fonte ser renovável, ela deve buscar o mínimo impacto possível. Como abordado no item anteriormente, desenvolvimento sustentável é aquele que não compromete o uso dos recursos pelas próximas gerações. Buscaremos, então, formas de obtenção de energia que sejam viáveis a longo prazo e tragam impactos reversíveis.

Existem estudos de variadas fontes de energia renováveis, tais como solar, eólica, de marés, das ondas, bioenergia, hidroeletricidade, entre outras. Alguns modelos de energia não são viáveis para o caso em estudo por questões geográficas, como energia das marés e das ondas, em que a transmissão da energia da fonte até seu uso final seria muito custosa.

Trataremos a seguir de algumas opções de energia sustentável, aplicadas ao projeto em estudo.

ENERGIA EÓLICA

Sistemas eólicos de pequeno porte são muito conhecidos e utilizados há tempos, mas não necessariamente para geração de energia elétrica. Sistemas de baixa potência podem contribuir no fornecimento de energia, tendo como limitantes a área disponível para sua instalação e vento suficiente.

Esse método vem sendo estudado e ganha espaço no mundo todo. Dentro da busca por novas matrizes energéticas de menor impacto ambiental, segundo Simas, 2012, a eólica foi a que recentemente obteve maior sucesso: com crescimento de 15 vezes entre 2000 e 2011.

Pequenos aerogeradores vem sendo concebidos com custo relativamente baixo e o tamanho de suas turbinas varia de um a dez metros de diâmetro, de acordo com Gabriel Tibola. Um parâmetro importante para a geração de energia em sistemas de pequeno porte é a altura em que as turbinas serão alocadas: quanto maior a altura, maior a velocidade do vento captado e menor o efeito da turbulência:

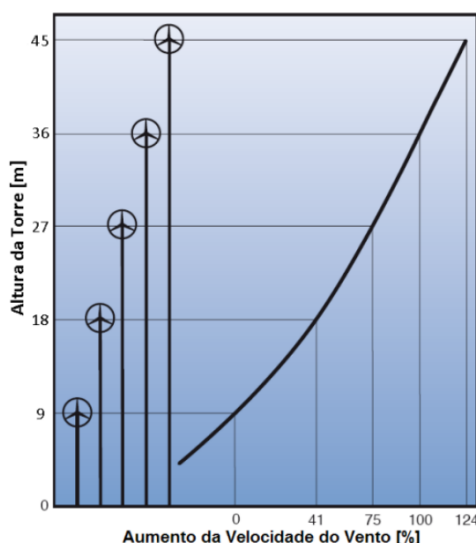


Figura 7: Aumento da velocidade do vento conforme altura. Fonte: *US Department of Energy*

Para ter uma boa eficiência e valer a pena o investimento, a turbina deve estar em uma altura que ultrapasse as copas das árvores do local, comumente espaço de circulação da avifauna. Um dos impactos das torres de captação de energia eólica é a mortandade de aves e quirópteros. Estando a Vila Nova Esperança localizada em área de proteção ambiental, fica inviabilizada essa alternativa, não sendo permitido pela legislação a sua construção.



Turbinas como a da figura 8, ao nível do chão também são uma opção, elas não causam tanto impacto na fauna aérea. Essas turbinas de eixo vertical necessitam de grandes velocidades de vento e normalmente são instaladas em corredores de tráfego intenso de veículos. Na Vila Nova Esperança não há vias com essa característica ou grandes descampados com corredores de massas de ar, portanto essa alternativa também será descartada pela inviabilidade e ineficiência para o caso do projeto.

Figura 8: turbina eólica de eixo vertical

2.1 BIOENERGIA

É a energia obtida através de fontes biológicas não fósseis. O biocombustível é derivado da biomassa, que é a matéria orgânica produzida pelos seres vivos e pode ser da própria constituição do ser vivo ou dos seus resíduos. São, portanto, fontes de energia renováveis. Os biocombustíveis mais conhecidos e utilizados são: a biomassa, o bioetanol, o biodiesel e o biogás.

A bioeletricidade é uma alternativa renovável para termoeletricas. Resíduos de madeira, carvão vegetal, casca de arroz, bagaço e palha da cana-de-açúcar são queimados em caldeiras gerando vapor que giram turbinas e produzem energia elétrica. Os subprodutos da fabricação de álcool e cana-de-açúcar tem grande participação na geração de bioeletricidade no Brasil.

O biogás é resultado da decomposição anaeróbia da matéria orgânica e é geralmente composto por metano e gás carbônico. Usualmente o biogás é obtido de resíduos da cana-de-açúcar, restos de alimento e esterco de animais. Outra forma de obtenção é a coleta do gás gerado na decomposição de resíduos em aterros sanitários.

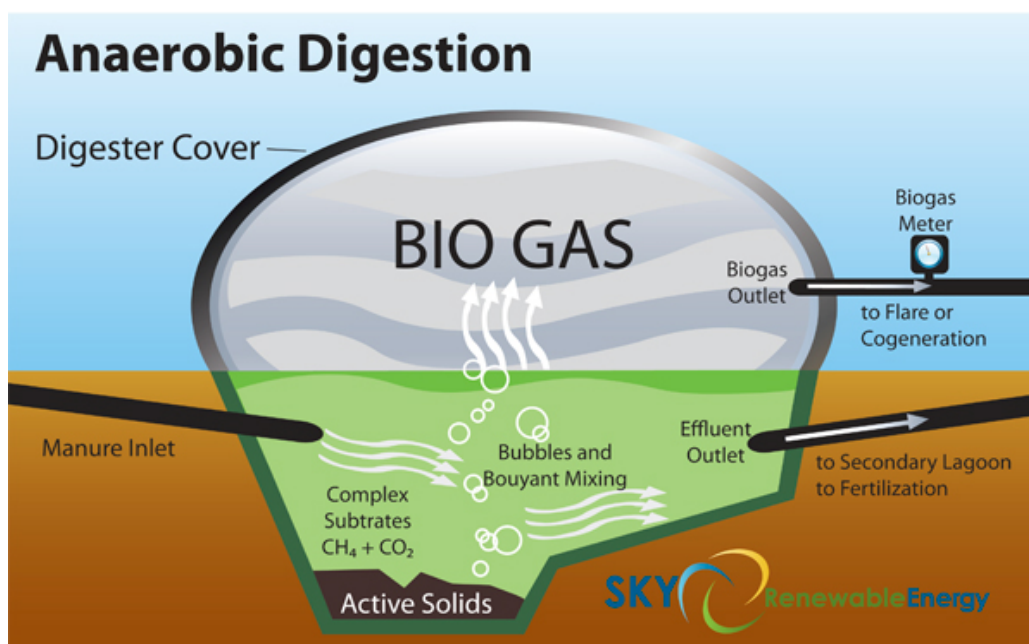


Figura 9: Digestão anaeróbia de um biodigestor Fonte: Sky Renewable Energy/

A utilização do biogás para a conversão em energia elétrica envolve uma série de equipamentos como um motor, capaz de gerar corrente elétrica contínua, e equipamentos que transformem essa corrente em corrente alternada, além de adequar a voltagem para as necessidades locais. São equipamentos custosos, distantes da realidade da Vila Nova Esperança. A alternativa a ser considerada neste projeto é a de uso substituto do gás GLP de cozinha, mais acessível para a comunidade, principalmente a cozinha comunitária.

2.1.1 RESÍDUOS ORGÂNICOS NA VNE E DIMENSIONAMENTO

Na Vila Nova Esperança há a geração de resíduos orgânicos na horta e na cozinha comunitária, além do lixo comum residencial e de estabelecimentos próximos. Os resíduos da poda e manejo da horta são atualmente alocados em uma composteira aberta, que carece de manutenção. Os da cozinha, provenientes da preparação das refeições preparadas, são encaminhados para a coleta comum. Esse resíduo é composto por restos de vegetais da própria horta, alimentos comprados e embalagens.

Há cerca de 500 famílias na vila nova esperança, por volta de 1500 habitantes. A produção de lixo orgânico por habitante ficaria em torno de 300g por dia se levados em conta a parcela orgânica média para o lixo residencial (cerca de 50%) e a produção de lixo por habitante nas classes D e E. Para 1500 habitantes, este cálculo resultaria em cerca de 500kg de matéria orgânica todos os dias. Se considerarmos que 1m³ de matéria orgânica produz 30m³ de biogás em um biodigestor convencional, e que a densidade do lixo orgânico molhado é próxima a 1kg/m³, haveria então a produção diária de 15.000m³ de biogás, caso toda essa matéria orgânica fosse efetivamente separada e doada para o centro comunitário e colocada em um biodigestor com volume suficiente. Um fogão à biogás convencional gasta 0,45m³/h de biogás por queimador.

Estes cálculos apenas demonstram a viabilidade do projeto em termos de potencial de geração, caso haja boa adesão da comunidade em um esforço conjunto de aproveitamento dos resíduos orgânicos, podendo-se utilizar o biogás para a alimentação do forno comunitário, assim garantindo uma economia com o gás de botijão convencional.

2.1.2 BIODIGESTOR RURAL E FORNO À BIOGÁS

Há outras alternativas de utilização do biogás, mas o biogás para forno é uma solução simples e já há bastante aplicação no Brasil, principalmente em residências rurais, onde o suprimento diário de 10kg de esterco para o biodigestor é o suficiente para manter um forno à biogás para uma família.

O “biodigestor rural” (nome dado ao modelo) é uma ótima referência para esse projeto. Sua montagem é um processo que apresenta baixo custo e complexidade, conta com manuais detalhados e podem ser realizados por mão-de-obra pouco qualificada como pedreiros e afins. O investimento é relativamente baixo, e o retorno a partir da economia com botijão de gás se dá em cerca de 4 anos, com uma média de custo inicial de 2800 reais para a construção do biodigestor e economia mensal média de R\$75,00 para uma família.

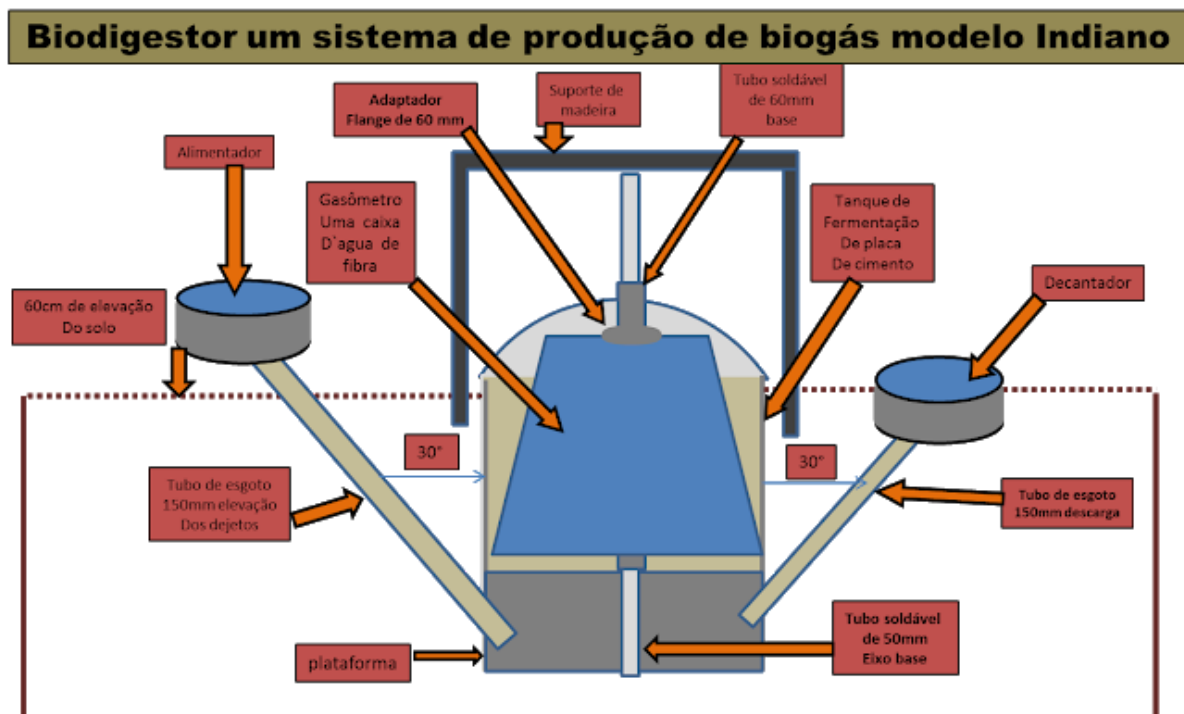


Figura 10: biodigestor modelo Indiano Fonte: http://abelmanto.blogspot.com/2012_07_01_archive.html



Figura 11: Biodigestor instalado em área rural Foto: João Flavio Cunha

O projeto começará contando com um biodigestor e um fogão a ser alimentado por este, e poderá se expandir caso haja interesse e disponibilidade de matéria orgânica.



CARACTERÍSTICAS

Potência calorífica: 2,8 kW
 Taxa de consumo de gás: 0,45 m³/h (por queimador)
 Eficiência térmica: > 57%
 Pressão de entrada do gás: 1.600 Pa
 Eficiência do acendedor: > 98%

Figura 12: Fogão a biogás Fonte: Catálogo BGS Equipamentos para Biogás

2.1.3 OBTENÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

A partir da implantação de um biodigestor rural e a aquisição de um forno à biogás, é possível prosseguir para a aquisição de matéria orgânica. Visto que a produção de resíduos orgânicos da horta e da cozinha comunitária são pequenas, como garantir que as famílias residentes na Vila nova Esperança, e até mesmo pequenos estabelecimentos próximos, separem o lixo orgânico e levem até o centro comunitário, para colocação no biodigestor?

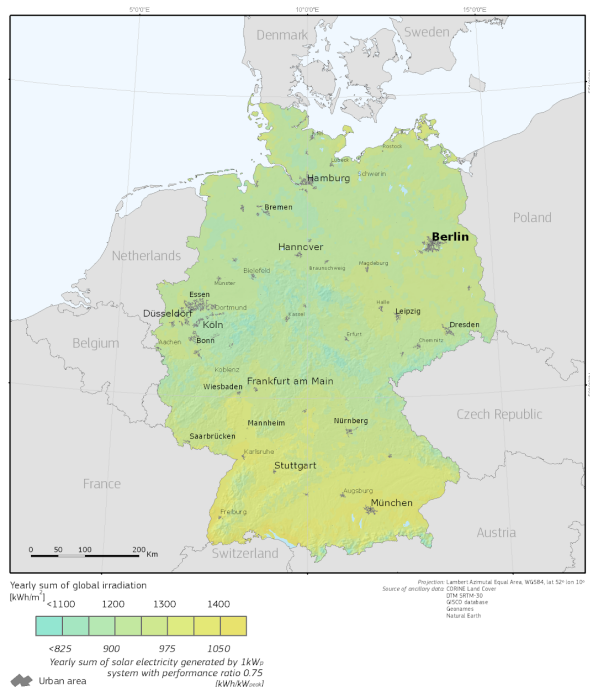
Uma proposta seria a de se pesar a contribuição de matéria orgânica que cada família leva (verificando-se sempre se a separação foi feita corretamente), e registrar essa contribuição. Seria então determinada uma quantidade, em kg de matéria orgânica, que caso fosse atingida pela família doadora, equivaleria ao ganho de 1 refeição preparada na cozinha comunitária, uma “marmita”. Visto que a cozinha comunitária prepara alimentos para serem vendidos, gerando arrecadação para sua manutenção e para outros projetos comunitários, a contrapartida de se dar uma marmita em troca de uma quantidade de matéria orgânica teria de ser feita de tal forma que não resultasse em prejuízo. A maior demanda por refeições diminuiria o amortecimento dos gastos com botijão de gás por aumentar a demanda de alimentos, portanto seria necessário achar uma métrica capaz de garantir a ampla adesão da comunidade ao programa sem prejudicar a rentabilidade da cozinha. Isto teria de ser feito de modo experimental, sujeito a ajustes. Ainda assim, o grupo acredita que haveriam ganhos para toda a comunidade e principalmente para o meio ambiente.

Caso houvesse excedente de matéria orgânica, esta poderia ser realocada para compostagem em local adequado, traduzindo-se em ganhos futuros de produtividade da horta. Esta alternativa será tratada no anexo.

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar pode ser convertida em energia utilizável de muitas formas: indiretamente, aquecendo e movimentando massas de ar, possibilitando a fotossíntese das plantas das quais retiramos o biocombustível, e diretamente, aquecendo água em painéis solares ou transformada em corrente em células fotovoltaicas.

Em termos de materiais mais utilizados, destacam-se as células solares de silício cristalino (c-Si), o silício amorfo hidrogenado (a-Si:H ou a-Si), o telureto de cádmio (CdTe) e outros compostos relacionados ao dissulfeto de cobre e índio. Dentre os modelos mencionados, os que possuem maior utilização são os painéis de silício cristalino e os de silício amorfo. Elementos altamente tóxicos e raros são encontrados nos compostos relacionados ao dissulfeto de cobre e índio, o que cria um obstáculo em sua utilização, segundo Ruther (2000).



Os painéis de células fotovoltaicas mostram-se uma alternativa de energia limpa e de impactos locais muito eficiente quando instalados em sítios com alta incidência de raios solares. Mesmo em regiões com incidência menor, as células fotovoltaicas podem ser uma boa alternativa para energia sustentável: a Alemanha é o país com a maior capacidade instalada em energia fotovoltaica (Atlas Brasileiro de Energia Solar). Uma comparação rápida e visual dos mapas nos permite identificar o grande potencial solar do Brasil.

Figura 13: irradiação e potencial solar elétrico. Fonte: PVGIS (http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html#!)

A Vila Nova Esperança está localizada em região de alta irradiação solar e dispõe de áreas de livre incidência - em locais altos, sem vegetação arbórea ou edificações que possam encobrir o céu- próprias para a instalação de painéis fotovoltaicos.

Irradiação Solar (kWh/m^2d)

- >4,01 - ≤4,10
- >4,21 - ≤4,30
- >4,31 - ≤4,40
- >4,41 - ≤4,50
- >4,51 - ≤4,60
- >4,61 - ≤4,70
- >4,71 - ≤4,80
- >4,81 - ≤4,90

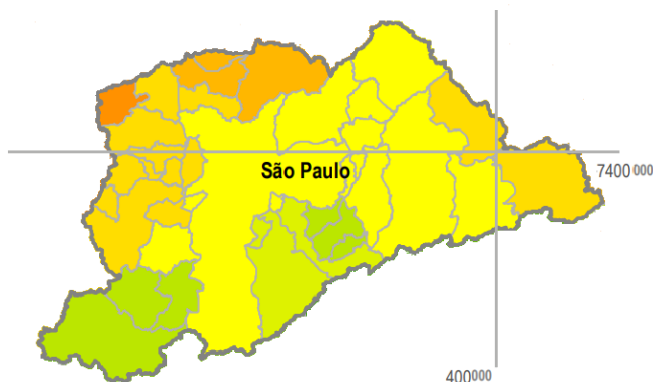


Figura 14: irradiação solar na grande São Paulo: potencial energético sub-utilizado. Alterado de Nippon Koei

Na primeira parte deste trabalho, o grupo recolheu informações com profissionais da área energética. Em um dos encontros com uma empresa importadora de painéis demonstrou-se interesse em doar um painel para o trabalho. A comunidade é carente de recursos e a doação é um dos principais meios de obter os materiais necessários para os projetos. Esse fato somado às características favoráveis da alternativa nos levaram a escolher seguir com essa proposta e elaborar projetos que favoreçam a comunidade e aproveitem o recurso doado.

2.2.1 ALTERNATIVAS PARA ENERGIA FOTOVOLTAICA

Alternativa 1: Cozinha, postes e bomba na mesma rede. Com banco de baterias, controlador e inversor de fase.

Alternativa 2: Cozinha e postes na mesma rede, conectados ao painel fotovoltaico e à rede pública. Com banco de baterias, controlador e inversor de fase. Bomba de água para o sistema de irrigação alimentada pela rede elétrica.

Alternativa 3: cozinha ligada ao painel solar e à rede, com controlador de carga e inversor. Postes autônomos. Bomba d'água ligada à rede elétrica.

2.2.2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Complexidade técnica: diz respeito à exequibilidade da alternativa. Considera a dificuldades para implementação, operação e manutenção. Pondera o esforço de se obter os materiais para implantação, quantidade e especialidade de mão de obra, possíveis dificuldades para o uso do sistema, treinamentos e capacitações necessárias para se operar os equipamentos e adequação legal, como obtenção de licenças. No que se refere à manutenção, é considerada a frequência, complexidade e custo de substituição de componentes. Quanto mais complexa e trabalhosa a opção, menor a sua nota. A viabilidade técnica terá peso 6 na avaliação das alternativas.

Valorização da imagem: avalia como a reputação da comunidade será afetada. É um critério importante pois uma representação positiva da organização, no que diz respeito à sustentabilidade, pode ajudar no processo legal de regularização e trazer mais investimentos e doações para a comunidade. Esse critério tem peso 8 por se tratar de um dos objetivos do projeto.

Investimento: o custo inicial de implantação do projeto tem alta significância devido às condições financeiras da organização. É levado em consideração também os custos de manutenção e reposição de equipamentos. Será buscado o melhor custo-benefício entre as alternativas. Maiores notas serão dadas às opções mais econômicas. O investimento tem peso 6.

Impacto social: melhora na qualidade de vida dos moradores da comunidade. Entram nesse critério a criação de empregos, o quanto a alternativa facilita a execução das atividades nos espaços comunitários, a segurança, o conforto e bem-estar dos indivíduos. A melhoria da qualidade de vida é um dos objetivos principais deste trabalho, por essa razão o peso do critério será 8.

Impacto ambiental: alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana. O impacto ambiental é um desequilíbrio provocado pelo choque da relação do homem com o meio ambiente. Alterações positivas levam a notas altas e alterações negativas levam a notas baixas. A meta da Vila Nova Esperança é se tornar uma comunidade sustentável, dessa forma, o critério impacto ambiental tem grande relevância nesse projeto, recebendo peso 7.

2.2.3 MÉRITOS PARA OS CRITÉRIOS

Nesse tópico descreveremos as avaliações das alternativas para cada critério, atribuindo uma nota de zero a dez a elas.

Alternativa 1

Cozinha, postes e bomba na mesma rede. Com banco de baterias, controlador e inversor de fase.

Complexidade técnica: todas as demandas ligadas ao mesmo painel fotovoltaico exige um sistema eletrônico complexo, difícil de conceber e aplicar. Requer conhecimento e mão de obra especializada. O bombeamento para irrigação não pode ser feito durante o período ensolarado devido às necessidades de rega da horta. Dessa forma, necessariamente a energia destinada à bomba d'água deve ser armazenada em baterias, o que também dificulta a concepção do sistema de controle. É preciso a instalação de cabeamento para os postes de luz. O sistema de controle não seria completamente automatizado pela flexibilidade exigida na irrigação: a vazão demandada pela horta é variável de acordo com as espécies plantadas, a estação do ano e a precipitação na semana. Mesmo com um sistema automatizado de *smart irrigation*, parte da operação seria manual, pois os funcionários da horta variam as culturas de acordo com a necessidade da produção na cozinha e com o sucesso de cada espécie em cada canteiro. Logo, os funcionários da horta devem operar a bomba manualmente, fazer a conexão do banco de baterias para o sistema hidráulico. Por ter que abastecer e descarregar as baterias em todos os usos da bomba, sua vida útil ficaria reduzida, esgotando os ciclos rapidamente. O custo de manutenção seria alto para a troca frequente das baterias. Nesse critério a alternativa recebe nota 3.

Valorização da imagem: é a alternativa que teria melhor impacto na valorização da imagem, em uma primeira avaliação, pois usa fonte de energia renovável para um maior número de finalidades. Por outro lado, o número de baterias usadas pode causar uma má impressão dada a sua complexidade de descarte. Levando em consideração que as baterias têm vida útil longa e que a comunidade terá tempo para encontrar parceiros para o descarte correto das baterias, essa alternativa recebe nota 8 para este critério.

Investimento: Pela quantidade de baterias, controlador de sistema eletrônico complexo e inversor de corrente, esse sistema teria um valor elevado. Além do custo de mão de obra para concepção do sistema de controle e da manutenção complexa. Para esse critério a opção tem nota 5.

Impacto social: O sistema de iluminação tem grande impacto social positivo: confere maior segurança e conforto aos moradores, além de incentivar o uso dos espaços. O sistema de irrigação facilita o trabalho dos funcionários da horta, os liberando para realizar outras atividades. Com a melhora na qualidade de vida dos moradores, esse sistema recebe nota 8.

Impacto ambiental: essa alternativa tem impacto positivo na economia de energia de matriz termelétrica. Deve se levar em consideração a maior troca de baterias e o impacto de seu descarte. Mesmo que seja feito adequadamente, o descarte de baterias sempre é complicado e melhor se evitado. Posto isso, a alternativa recebe nota 5 nesse critério.

Alternativa 2

Cozinha e postes na mesma rede, conectados ao painel fotovoltaico e à rede pública. Com banco de baterias, controlador e inversor de fase. Bomba de água para o sistema de irrigação alimentada pela rede elétrica.

Complexidade técnica: por estarem ligados à rede, é necessário o controlador de carga e um inversor de fase. Sem a bomba na mesma rede, o controle é um pouco mais simples, mas ainda demanda conhecimento técnico. É preciso a instalação de cabeamento para os postes de luz. O acionamento das luminárias pode ser temporizado, o que facilita a operação. A troca de fonte painel-rede também é feita de forma automatizada pelo controlador de carga em regime *no-break*. A maior parte da carga é destinada à cozinha, que não usa necessariamente o banco de baterias, mas o sistema de iluminação o utiliza, gerando um custo com a sua substituição no fim da vida útil. Para esta avaliação, a alternativa 2 recebe nota 6.

Valorização da imagem: Essa alternativa tem menos equipamentos alimentados pelo painel fotovoltaico que a primeira, o que pode levar a uma valorização menor. Porém, a alternativa usa menos baterias, essa informação pode ser utilizada na divulgação do projeto. A alternativa 2 recebe nota 6 para o critério de valorização de imagem.

Investimento: essa alternativa tem um custo alto devido a presença do inversor e controlador de carga. A quantidade de baterias é menor que da alternativa 1, mas ainda considerável. Além desses custos há o valor do painel, conexões elétricas, postes e luminárias. Nota 8 em investimento.

Impacto social: como na alternativa 1, o sistema de iluminação gera um alto impacto social positivo. Como a bomba será conectada à rede elétrica, a nota será equivalente à alternativa 1: 8.

Impacto ambiental: há o impacto positivo de se deixar de usar energia da rede pública, que pode causar uma redução no uso de matrizes termelétricas. O número de baterias usado nessa opção é menor, portanto o impacto negativo é de menor magnitude. A alternativa 2 tem nota 7 para impacto ambiental.

Alternativa 3

Cozinha ligada ao painel solar e à rede, com controlador de carga e inversor. Postes autônomos. Bomba d'água ligada à rede elétrica.

Complexidade técnica: esse é o sistema mais simples das alternativas: apenas a cozinha seria ligada à rede, portanto o conjunto eletrônico não seria tão complexo. A empresa *Unitron* comercializa a solução dos postes de iluminação autônomos, portanto é uma tecnologia disponível. Os postes autônomos podem ser programados para o acionamento automático, dispensando cuidados para operação. Por serem autônomos, se houver algum problema, a manutenção é pontual mas pode ser complexa. Não há necessidade de cuidado na operação do sistema da cozinha também, apenas manutenção se houver algum reparo. Como apenas as luminárias seriam alimentadas por baterias e sua demanda energética é baixa, estas teriam uma frequência de reposição mais baixa. A complexidade de manutenção e operação é compatível com uma nota 7.

Valorização da imagem: com menos equipamentos alimentados por painel fotovoltaico e pela possibilidade de não haver iluminação pública em períodos nublados - uma vez que os postes não serão ligados à rede pública - essa alternativa não tem uma valorização de imagem tão forte, recebendo nota 4.

Investimento: ainda há necessidade de inversor e controlador de carga, pois a cozinha também seria ligada à rede. Não há imposição para cabeamento para o sistema de iluminação. Além do painel principal, são necessários painéis menores individuais para cada poste de luz. Nota 6 nesse critério.

Impacto social: como nas alternativas 1 e 2, o sistema de iluminação gera um alto impacto social positivo. Mas corre o risco de não funcionar devido sua autonomia em relação à rede elétrica e à dependência de boas condições de radiação solar. Por esses motivos, essa alternativa recebe nota 6.

Impacto ambiental: há o impacto positivo de se deixar de usar energia da rede pública. O número de baterias usado nessa opção é menor que nas outras duas, portanto o impacto negativo é de menor magnitude. A alternativa 3 tem nota 8 em impacto ambiental.

2.2.4 ESCOLHA DA SOLUÇÃO

Com o auxílio de uma matriz de decisão, as notas das alternativas serão ponderadas de acordo com o peso de cada critério:

Critério	Complexidade	Imagem	Investimento	Impacto social	Impacto ambiental	Total
Peso	6	8	6	8	7	
Alternativa 1	3	8	5	8	5	211
Alternativa 2	6	6	8	8	7	245
Alternativa 3	7	4	6	6	8	214

Quadro 5: matriz de decisão energia solar fotovoltaica

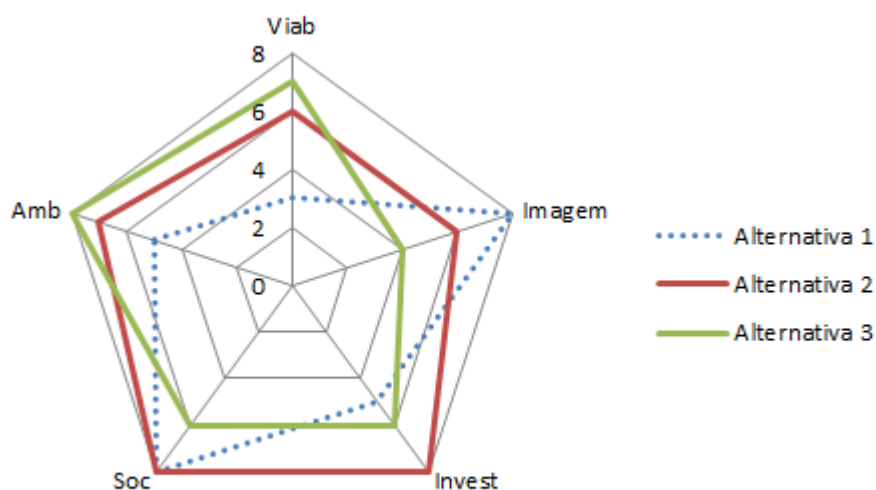


Figura 15: gráfico em radar com as pontuações das alternativas

A alternativa 2 recebeu melhor pontuação ponderada com a relevância de cada critério, portanto é a escolhida para ser detalhada.

2.2.5 ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

Nessa solução temos os equipamentos da cozinha e postes de iluminação conectados ao mesmo painel fotovoltaico e à rede pública. A bomba de água para o sistema de irrigação é alimentada pela rede pública de energia.

A seguir vamos determinar os componentes do sistema, a começar pelo painel fotovoltaico.

Potência nominal necessária: através do cálculo da potência nominal (gerada a partir da radiação solar) necessária para atender ao consumo médio diário da cozinha e iluminação, pode-se estimar a área de painéis a ser instalada. Este cálculo mostra, de forma aproximada, a capacidade do centro comunitário de manter-se autônomo, ou seja, independente da energia da rede elétrica pública.

Aplicando-se a equação a seguir, é possível determinar a potência nominal a ser instalada (P_{cc}) para atender a demanda da cozinha.

$$P_{cc} = \frac{(E/G_{rs})}{R}$$

Onde: P_{cc} = Potência média necessária (kW);

E = Consumo médio diário durante o ano (kWh/dia);

G_{rs} = Ganho por radiação solar: média mensal do total diário (kWh/m².dia);

R = Rendimento do sistema (%).

O consumo médio adotado é o do mês crítico com a demanda futura, ou seja 19,4 kWh/dia. O ganho por radiação solar pode ser encontrado em estudos como o de Chigueru Tiba e Naum Fraidenraich:

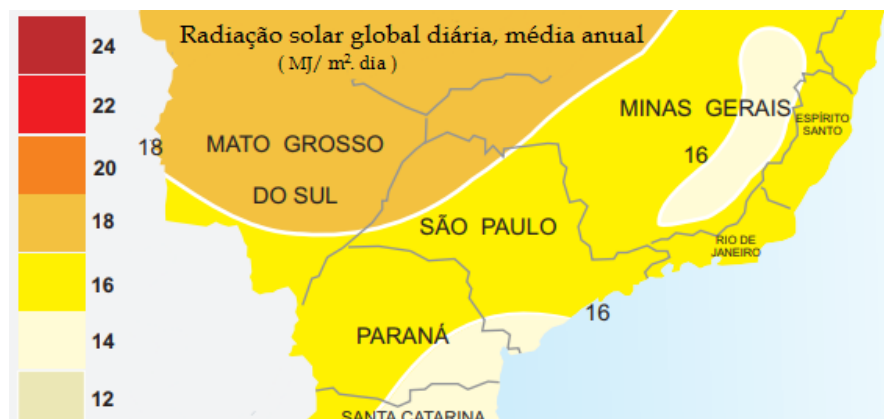


Figura 15: radiação solar diária. Adaptado de *Atlas Solarimétrico do Brasil*, 2010

Esse mapa indica um ganho de radiação de 16 MJ por dia, ou seja 4,44 kWh. A figura 15 mostra a área da Grande São Paulo com maior detalhe e é mais atual, além de ser um valor menor, o que dá maior segurança ao dimensionamento, portanto iremos usar essa fonte. Tendo em mãos o consumo médio diário, o ganho de radiação de 4,41 kWh/m².dia e adotando um rendimento de 91% para o sistema, pode-se obter a potência média necessária. O rendimento depende do modelo de inversor de corrente utilizado e varia de 91 a 98%, segundo os fabricantes. A potência média para o centro comunitário é de 4,83 kW.

Já a eficiência do módulo fotovoltaico é definida pela relação entre a potência gerada pelo módulo e a irradiação incidente sobre o módulo. Segundo Treble (1980) e Overstraeten e Mertens (1996), a eficiência do módulo pode ser obtida pela equação:

$$\eta = \frac{(I_{mp} \cdot V_{mp})}{(I_c \cdot A)} \cdot 100$$

Onde: I_c = irradiação solar ($W \cdot m^{-2}$);

A = área útil do módulo (m^2);

I_{mp} = corrente máxima de pico (A);

V_{mp} = tensão máxima de pico (V)

Foram escolhidos sete modelos de módulos fotovoltaicos, de acordo com eficiência, dimensões, potência nominal, tensão e finalidade de aplicação de três tecnologias de células fotovoltaicas de silício: policristalino, monocristalino e amorfo. Foram calculadas as eficiências de cada modelo com base nas informações contidas nos catálogos. No quadro 6 a seguir estão descritas as especificações técnicas dos sete modelos:

Fabricante	Yingli Solar		Bosch		Hanwha		Bekaert ECD
Modelo	Yingli 95	Yingli 250	M220 3BB	M230 3BB	SF220-235L	SF220-250L	Uni-Solar 64
Tipo de células	Poli-cristalino	Poli-cristalino	Mono-cristalino	Mono-cristalino	Poli-cristalino	Poli-cristalino	Amorfo
Potência no Ponto de Máxima (W)	95	250	220	230	235	250	64

Eficiência (%)	14,3%	15,3%	13,6%	14,1%	16,1 %	17,2 %	6,3 %
Voltagem MPP (V)	18,18 V	30,4 V	29,4	29,8	30,1	30,4	16,5 V
Tensão máxima do sistema	50 V	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	50 V
Dimensões do Módulo (mm)	1010 x 660 x 25	1650 x 990 x 40	1650 x 900 x 50	1650 x 900 x 50	1650 x 1000 x 45	1650 x 1000 x 45	1366 x 741 x 32
Peso do Módulo	7,65 kg	19,1 kg	21 kg	21 kg	21 kg	21 kg	9,17 kg
Número de Células	36	60	60	60	60	60	36

Tendo as eficiências dos módulos é possível calcular a área necessária para suprir a demanda.

$$A_{\text{painel}} = P_{cc} / E_p \quad \text{onde } A_{\text{painel}} = \text{Área total de painéis (m}^2\text{)}$$

$$P_{cc} = \text{Potência média necessária (kW)}$$

$$E_p = \text{Eficiência do painel (\%)}$$

Os resultados foram organizados no quadro (7) abaixo:

Fabricante	Yingli Solar		Bosch		Hanwha		Bekaert ECD
Modelo	Yingli 95	Yingli 250	M220 3BB	M230 3BB	SF220-235L	SF220-250L	Uni-Solar US-64
Área painel (m2)	0.667	1.634	1.460	1.460	1.460	1.460	1.012
Área necessária (m2)	1.357	1.268	1.426	1.376	1.205	1.128	3.079
Área painel/ área necessária	0.491	1.288	1.024	1.061	1.212	1.295	0.329

Podemos notar que o módulo de silício amorfo não fornece a potência necessária para o projeto devido à sua baixa eficiência. Já o painel Yingli 95 não é suficiente por causa do número baixo de células fotovoltaicas, ficando assim, com uma área muito menor que a exigida. Os painéis da Bosh suprem a demanda mas sem margem para segurança. Vamos adotar então, uma margem de 25%, dessa forma, temos dois modelos nessa configuração: o Hanwha SF220-250L e o Yingli Solar 250.

É necessário um controlador de carga para receber a energia produzida nas células fotovoltaicas e direcionar para o banco de baterias e para a rede. O painel solar produz corrente contínua, então também é preciso um inversor de corrente. O inversor recebe carga do banco de baterias ou diretamente do controlador de carga, transforma em corrente alternada e distribui para os pontos de consumo. Os postes de LED são alimentados diretamente pelo banco de baterias, pois utilizam corrente contínua. O acionamento é realizado por um controlador simples com por temporizador. Escolhemos o inversor e controlador de carga do fabricante Xandrex, por ser uma marca de referência mundial no fornecimento de equipamentos eletrônicos para sistemas de energia solar. O carregador/inversor híbrido XW atende às especificações da proposta e é comercializado pela empresa parceira do projeto, o que o torna uma opção mais viável.

O esquema abaixo ilustra o funcionamento do sistema:

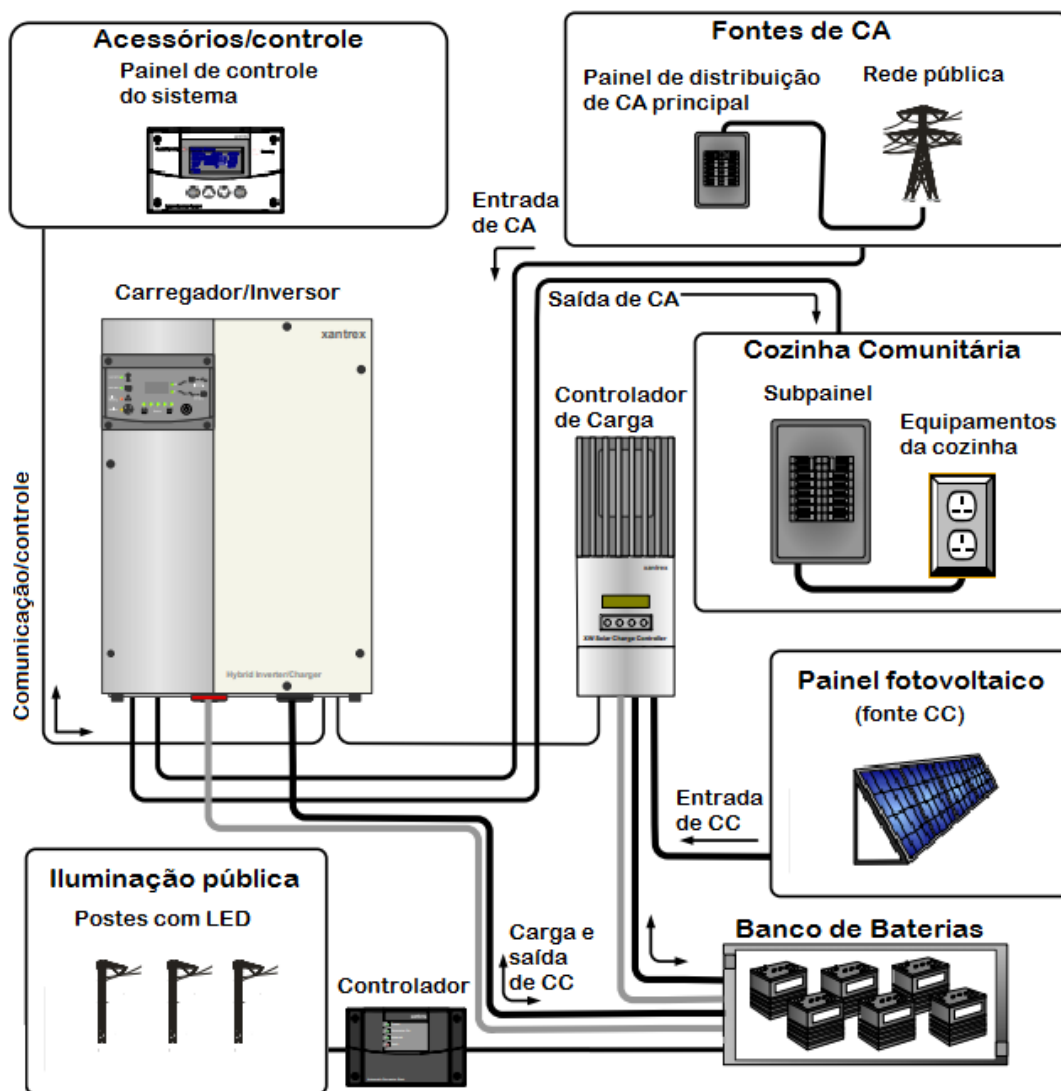


Figura 16: Sistema elétrico do centro comunitário e iluminação pública. Adaptado de *Guía de instalación Cargador/inversor híbrido XW, Xantrex*

Carregador/inversor XW

Este equipamento é um inversor de onda senoidal modular, um carregador de baterias e uma chave elétrica de transferência para a corrente alternada. É possível se conectar vários carregadores/inversores XW para se criar um sistema trifásico, sendo necessário um inversor por fase. Este inversor conta com um sensor de temperatura para bateria, que supervisiona o banco de baterias e ajusta a carga conforme o grau de aquecimento. Pode ser acoplada uma caixa de derivação ao inversor, ela protege o cabeamento. É compatível com baterias de 24 e 48 Volts.

Controlador de carga XW

Controlador de carga de 60 amperes com PVGFP integrado e sensor independente de temperatura de bateria. É compatível com baterias de 12, 24, 36, 48 e 60 Volts.

Painel de controle

A instalação de um painel de controle para o sistema dispensa painéis individuais para cada dispositivo e permite o comando e supervisão do sistema todo de um único ponto. O painel de controle XW dispõe de uma tela de cristal líquido onde se pode visualizar as informações de diagnóstico e configurações de sistema de todos os dispositivos da rede.

Baterias

O sistema contará com um banco de quatro baterias estacionárias VRLA, com tensão nominal de 24 Vcc e capacidade de 150 Ah, próprias para a alimentação dos postes de iluminação.

3 ALTERNATIVAS PARA IRRIGAÇÃO

A horta comunitária foi concebida desde o início dos anos 2000, em um terreno da Sabesp (posteriormente doado pela mesma), no centro da comunidade. Foi o primeiro passo da comunidade na direção da sustentabilidade, e desde então possui repercussão internacional por ser uma iniciativa pioneira dentro de uma comunidade carente.

No início, havia ampla participação da comunidade na concepção e manutenção da horta, porém com o tempo surgiram alguns problemas como falta de comprometimento por parte de algumas pessoas, colheita feita de maneira indevida por pessoas que não ajudaram na manutenção da horta, entre outras questões. A liderança da comunidade criou uma moeda própria a servir de remuneração para quem trabalhasse na horta, e essa mesma moeda seria utilizada na aquisição dos alimentos colhidos. Esse maior controle resolveu grande parte dos problemas, mas a participação ainda assim diminuiu ao longo dos anos.

Hoje, há uma equipe fixa de 9 pessoas na comunidade, que recebem uma bolsa para trabalhar 6 horas por dia, no período da manhã, de segunda a sexta, dentro da comunidade. Este trabalho envolve a horta, a separação de resíduos coletados e os projetos do centro comunitário. O grupo constatou grande parte desse contingente trabalhando na construção das obras do centro.

Junto a horta, há uma pequena composteira rudimentar, uma caixa de madeira de aproximadamente 9 m³. Também há uma pequena estufa no centro da horta, onde predominam sementeiras e o cultivo de mudas, para posterior plantio.

A irrigação da horta é feita manualmente; há uma torneira em uma extremidade da horta e extensa mangueira. O plantio é feito em canteiros em forma de morros de terra longitudinais, com telhas enterradas também longitudinalmente, mas há regiões da horta com plantio menos organizado.

A área da horta foi estimada em 1170 m², e a área em expansão, 500 m². A declividade, na área implantada, varia de 5% a 7%, já na área em expansão chega a 50%. A torneira utilizada para a rega manual das plantas se encontra ao lado de uma caixa d'água da Sabesp, no topo da horta.

A horta presente na Vila Nova Esperança tem grande importância para a cozinha comunitária local. Sua produtividade e manutenção dependem de várias atividades, como a rega periódica das culturas. Realizada de forma manual pela mão de obra comunitária, há a possibilidade de implantação de um sistema de irrigação para garantir maior produtividade, qualidade de vida e utilização mais racional da água.

Há várias alternativas de métodos e sistemas de irrigação possíveis de serem dimensionados e implementados, e é necessário ter o conhecimento das características de cada um antes de aplicar os critérios para a escolha da mais adequada. A seguir os métodos existentes e os sistemas associados.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS DE IRRIGAÇÃO

3.1.1 ASPERSÃO

No método da aspersão, a água é pulverizada sobre as plantas, molhando as folhas e o solo.

a) Convencional

São os sistemas que utilizam os componentes convencionais de aspersão (motobombas, tubulações, aspersores), que podem se movimentar pelo campo (móveis), cobrindo em cada posição um setor da área irrigada ou permanecer parados (fixos) na mesma posição ao longo do período de produção e cobrindo toda a área irrigada ao mesmo tempo.



Figura 17: aspersão convencional Fonte: <http://agroveiga.com.br/produtos/irrigacao/aspersao-em-malha/>

Vantagens:

1. Boa adaptação e flexibilidade em relação ao relevo.
2. Pode ser utilizado em solos com grande infiltração e baixa retenção de água, ministrando-se menos água mas com mais frequência.
3. Distribuição uniforme da água.
4. Fácil montagem e desmontagem.
5. Pouca área utilizada na instalação
6. Conduitos fechados evitam perda de água.
7. Sistemas fixos exigem muito pouca mão de obra.
8. Permite fertirrigação.
9. Pode ser aplicado para reduzir a temperatura do ar e proteção contra geadas.

Desvantagens:

1. A ação de ventos fortes prejudica a uniformidade na aplicação.
2. Temperatura e umidade do ar podem aumentar perdas por evaporação.
3. Impacto das gotas podem causar prejuízos em culturas mais frágeis como hortaliças.
4. Altas taxas de aplicação de água podem causar compactação e erosão do solo.
5. Requer bombeamento.

b) Mecanizado

Os aspersores ou sprays são instalados em estruturas que se movem ao longo da área para efetuar a irrigação.



Figura 18: aspersão mecanizada

Fonte: <https://www.irrigacao.net/pivot/saiba-mais-sobre-rega-mecanizada-pivot-central/>

Vantagens:

1. Semelhantes ao outro método, porém há maior economia com mão de obra e menor quantidade de aspersores, portanto potência de bomba necessária menor.
2. Ideal para cobrir grandes áreas.

Desvantagens:

1. Também semelhantes, porém há maior custo com o equipamento de mecanização.
2. A presença de equipamentos móveis exige topografia favorável.

3.1.2 LOCALIZADA

No método localizado a água é aplicada na região sombreada pela copa das plantas, sobre a superfície do solo.

a) Gotejamento superficial

A água é aplicada no solo de forma constante, lenta e a baixa pressão, através de pequenos emissores (microtubos ou furos) denominados gotejadores.



Figura 19: gotejamento superficial Fonte: <https://sfagro.uol.com.br/mexichem-aquisicao-netafim/>

Vantagens:

1. Baixa perda de água por evaporação.
2. Incentivo ao desenvolvimento radicular das raízes.
3. Possibilita fertirrigação direta, lenta e constante nas raízes, diminuindo o gasto com insumos.
4. Baixa pressão requer pouco ou nenhum bombeamento.
5. Maior produtividade das culturas.
6. Gasto de água inferior à aspersão.
7. Não necessita de topografia plana.
8. Menor uso de mão de obra.
9. Menor erosão.

10. Não impede a realização de trabalhos simultâneos como pulverização ou colheita.
11. Limita a disseminação de ervas daninhas.

Desvantagens:

1. Grande dependência do tipo de solo, exige estudo prévio.
2. Recomenda-se o uso de sensores de umidade no solo, constantemente.
3. Risco de entupimento dos gotejadores, exige inspeção periódica.
4. Elevado custo inicial com tubos, mangueiras, válvulas e medidores. Do custo inicial total de um sistema de irrigação localizada, as tubulações representam cerca de 60% a 70%.
5. Exige uma etapa de instalação, custosa, com pouca flexibilidade de alteração.
6. Para algumas plantas a irrigação das folhas é tão importante quanto das raízes.
7. Mangueiras podem sofrer desgastes e acidentes durante o manuseio do solo.
8. Grande exigência de manutenção, principalmente em termos de nível educacional.
9. Pequenas variações de pressão podem causar grandes variações de vazão.

b) Microaspersão

Neste sistemas são utilizados micro-aspersores, que aplicam a água, preferencialmente, na área sombreada pela copa da planta. Esses sistemas possuem vazões e áreas de aplicação maiores que o gotejamento.



Figura 20: microaspersão Fonte: <http://thiagoorganico.com/sistema-de-irrigacao/>

Vantagens:

1. Em relação ao gotejamento, maior superfície de solo molhado por um custo menor.
2. Menos susceptíveis à obstrução.
3. Mais adequado para solos arenosos.
4. Gotas menores e com menor impacto do que aspersores comuns.
5. Menor erosão do solo.
6. Maior irrigação de folhas, o que é positivo em alguns casos.
7. Emissores regulados permitem grande flexibilidade em termos de cultivos a serem irrigados e topografia, também tendo menor dependência do diâmetro da tubulação. Também permitem maior controle do tamanho de gotas.

Desvantagens:

1. Em grande parte, semelhantes ao gotejamento.
2. Mais susceptíveis ao vento e à evaporação.
3. Menor alcance em relação ao aspersor.
4. Emissores reguladores requerem maior energia no bombeamento, e são mais caros que os microaspersores comuns.

3.1.3 SUPERFÍCIE

No método da irrigação de superfície, cobre-se o solo em sua quase totalidade com água, com o auxílio da gravidade.

a) Sulcos

A água é aplicada na área a ser irrigada pela inundação parcial da mesma, acompanhando as linhas da cultura, escoando por sulcos construídos na superfície do solo. O tempo de irrigação para uma dada lâmina de água a ser aplicada é determinada com base na curva de infiltração acumulada, ou seja, na curva que relaciona a quantidade total de água infiltrada com o tempo gasto para tal.



Figura 21: irrigação por sulcos

Fonte: http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spcebola/irrigacao.htm

Vantagens:

1. Baixo custo e baixa complexidade de implantação.
2. Flexibilidade de culturas.
3. Baixa exigência de qualidade da água (sólidos dissolvidos/poluição).
4. Permite fácil automatização.

Desvantagens:

1. Grande dependência da topografia.
2. Inadequado em solos excessivamente permeáveis ou pouco profundos.
3. Necessita teste de campo para o correto dimensionamento, ainda assim podendo sofrer com a variabilidade espacial.
4. Reavaliação frequente, manutenção.
5. Realocação de sulcos é trabalhosa.
6. Necessita de controle da erosão.
7. Perdas por evaporação.
8. Perda de área de cultivo.

b) Inundação

A água é aplicada sobre toda a área cultivada e se acumula na superfície do solo, como se verifica na cultura do arroz. A cultura é organizada em tabuleiros que são preenchidos formando a lâmina de água. Quando a lâmina de água é corrente os tabuleiros ficam dispostos em série, do mais alto para o mais baixo, com um dreno ao final; quando a lâmina de água é estática os tabuleiros ficam em paralelo, alimentados por um canal. A inundação também pode ser intermitente.



Figura 22: irrigação por inundação Fonte: <https://www.irrigacao.net/irrigacao/a-producao-do-arroz-irrigado/>

Vantagens:

1. Diminuição do crescimento de plantas daninhas.
2. Controle da temperatura do solo.
3. Algas que crescem na água fixam nitrogênio.
4. Aumento da disponibilidade de nutrientes.
5. Economia de mão de obra.

6. Reflexo da luz na água aumenta fotossíntese de folhas baixas.
7. Lâmina de água corrente diminui a temperatura do solo, o que é benéfico em regiões tropicais. Também mitiga os efeitos negativos de solos com substâncias tóxicas.
8. Inundação intermitente diminui o consumo de água e perdas por evaporação.
9. Aproveitamento da água das chuvas.

Desvantagens:

1. Exige obras de adequação do terreno.
2. Declividade não pode ultrapassar 1% no tabuleiro.
3. Perdas por evaporação e percolação em lagoas não-intermitentes.
4. Lâmina corrente pode apresentar maior consumo de água e carregar nutrientes.
5. Adequação restrita à algumas culturas apenas.

3.1.4 SUBTERRÂNEA

No método subterrâneo, a água é aplicada abaixo da superfície do solo, juntamente às raízes das plantas.

a) Elevação do Lençol Freático

Utilizado em áreas onde a presença de camadas de solo subsuperficiais compactadas permitem controlar a profundidade do nível do lençol freático e deixá-lo próximo às raízes das plantas.

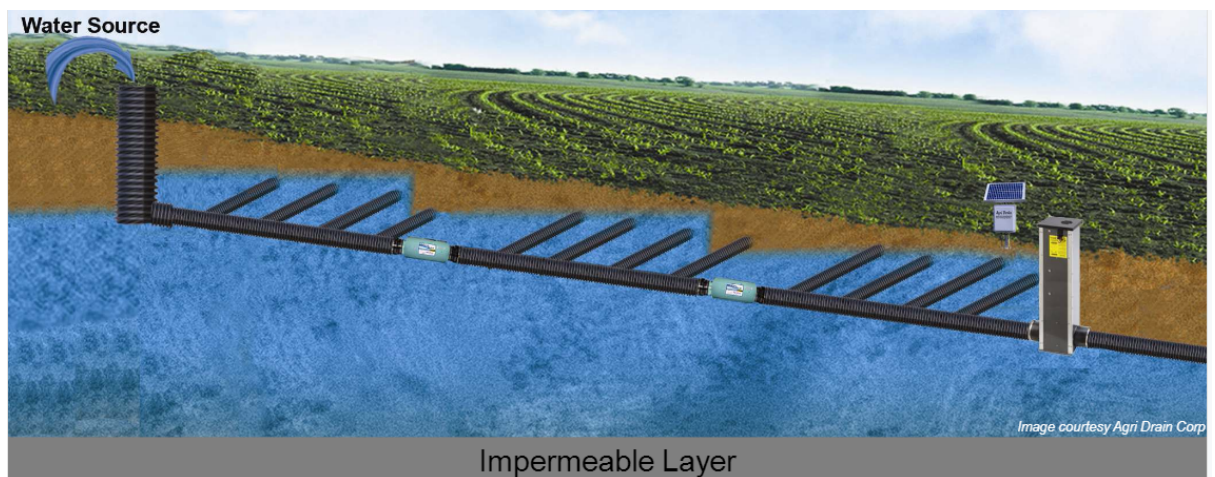


Figura 22: irrigação por elevação do lençol freático Fonte: <http://www.ecoexch.com/sub-irrigation/>

Vantagens:

1. Capacidade de irrigar solos apresentando elevada taxa de infiltração.
2. Capacidade de irrigar solos apresentando reduzida capacidade de retenção de água.
3. Inexpressiva exigência de mão-de-obra.
4. Não interferência com práticas culturais e fitossanitárias.
5. Redução da quantidade de água e energia requeridas.

Desvantagens:

1. Exigência de condições naturais, nem sempre disponíveis, principalmente a presença do lençol freático a uma pequena profundidade do solo.
2. Exigência de topografia favorável.
3. Inadequação para algumas culturas.
4. Ocorrência de solos e água sem riscos de salinização.

b) Gotejamento Subsuperficial

As linhas de gotejamento são enterradas no solo a profundidades que permitam que a água aplicada atinja o volume explorado pelas raízes.

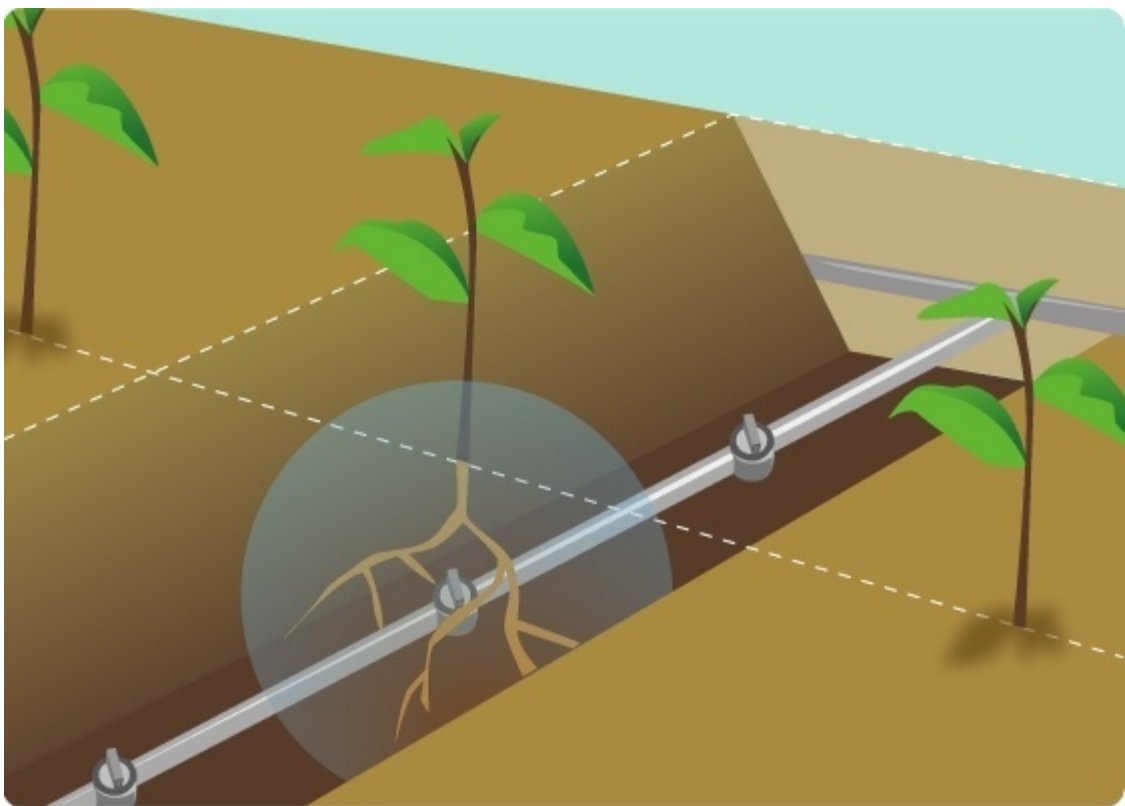


Figura 24: Gotejamento Subsuperficial

Fonte: <https://enfoqueisrael.blogspot.com/2012/11/irrigacao-por-gotejamento-drip.html>

Vantagens:

1. Baixo consumo de água.
2. Baixa perda por evaporação e percolação indesejada da água.
3. Aumento da produtividade.
4. Utilização do mesmo sistema para diversas culturas.
5. Irrigação uniforme e com alta frequência.
6. Permite fertirrigação diretamente nas raízes.
7. Baixa pressão necessária.

Desvantagens:

1. Alto risco de entupimento de emissores por partículas sólidas do solo, filmes biológicos e raízes. Exige sistema protetor.
2. Implementação custosa e trabalhosa.
3. Baixa flexibilidade de alteração.
4. Risco de danos ao sistema durante o manuseio da terra.
5. Uniformidade sensível à qualidade dos emissores.
6. Manutenção exige nível de instrução adequado.
7. Sensível à qualidade da água a ser utilizada.
8. Inadequação para algumas culturas.

3.2 CRITÉRIOS E RESTRIÇÕES

1. Custo e Complexidade de Implementação
2. Custo e Complexidade de Manutenção
3. Consumo de Energia
4. Ganho de Produtividade
5. Adequação à Topografia
6. Adequação ao Solo
7. Adequação ao Clima
8. Adequação à Policultura
9. Potencial de Erosão

3.3 MÉRITOS PARA OS CRITÉRIOS/RESTRIÇÕES

3.3.1 CUSTO E COMPLEXIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

O custo inicial de investimento é um fator importante em qualquer projeto, e acaba tendo uma dimensão crítica dadas as condições de renda dos responsáveis pela horta. A complexidade do projeto também é um fator importante, já que a implementação se daria por meio de mão de obra local, com pouca probabilidade de contratação de mão de obra terceirizada, o que também aumentaria o custo inicial.

3.3.2 CUSTO E COMPLEXIDADE DE MANUTENÇÃO

Assim como o custo do investimento inicial, grande parte dos sistemas tem um custo de manutenção e requer instrução adequada para garantir a resiliência e eficiência do sistema, com inspeções e eventuais trocas de peças. Como já foi dito, a renda e a instrução são fatores críticos no caso estudado.

3.3.3 CONSUMO DE ENERGIA

Há sistemas que requerem bombeamento de água para a elevação da pressão nos tubos e emissores, portanto este fator também será avaliado; principalmente por conta do impacto econômico ou custo de oportunidade no caso de se utilizar energia renovável local, competindo com outros usos.

3.3.4 GANHO DE PRODUTIVIDADE

A produtividade depende de vários fatores, não apenas da oferta adequada de água para as plantas, mas também dos casos em que o método de irrigação incentiva a formação de raízes e absorção de nutrientes, ou possibilita fertirrigação de maneira eficiente. Um acréscimo de produtividade possibilita a melhora da qualidade de vida local, principalmente para a cozinha comunitária que depende desta produção.

3.3.5 ADEQUAÇÃO À TOPOGRAFIA

Todo projeto de irrigação deve levar em conta a topografia, por interferir no transporte de água. A horta possui um grau de inclinação, o que pode ser positivo para alguns sistemas e negativo para outros; irregularidades presentes também exigem determinada flexibilidade dos sistemas.

3.3.6 ADEQUAÇÃO AO SOLO

Este é o primeiro fator relacionado à eficiência no consumo de água. As propriedades do solo para reter água e seu grau de percolação são fatores importantes para um sistema de irrigação. Há sistemas mais e menos afetados por esses fatores; há sistemas que se beneficiam de certas condições do solo, outros são prejudicados gerando perdas, afetando assim sua eficiência. No caso, tem-se argissolos vermelho-amarelos com baixa taxa de infiltração e percolação. Este é o primeiro fator relacionado à eficiência no consumo de água.

3.3.7 ADEQUAÇÃO AO CLIMA

Este é o segundo fator relacionado à eficiência no consumo de água. As perdas por evaporação dependem de fatores como temperatura, umidade do ar, e a presença de ventos. A sensibilidade dos sistemas a essas perdas é um fator importante para medir sua eficiência.

3.3.8 ADEQUAÇÃO À POLICULTURA

Este é o terceiro fator relacionado à eficiência no consumo de água. A horta estudada apresenta diversas culturas, distribuídas de maneira pouco ordenada e constantemente sujeita à mudanças. Um sistema de irrigação adequado deve ser adaptável às diferentes demandas existentes, sempre mantendo sua eficiência.

3.3.9 POTENCIAL DE EROSÃO

O solo considerado apresenta baixa resistência e tolerância à erosão, portanto as alternativas devem ser avaliadas quanto ao seu potencial erosivo a fim de se mitigar este possível impacto ambiental e produtivo.

3.4 ESCOLHA DA SOLUÇÃO

A escolha da solução foi realizada através de matriz de decisão, restringindo-se previamente alternativas notadamente inviáveis ou inadequadas para a situação existente. Cada alternativa recebeu uma nota quanto ao grau de atendimento à cada critério, enquanto as restrições eliminaram alternativas. Ao final, para cada alternativa restante estas notas foram somadas, gerando um resultado final. A alternativa com a maior pontuação foi a escolhida para ser proposta e especificada.

3.5 ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

A horta da Vila Nova Esperança possui características bastante distintas de outras hortas onde comumente é realizado um projeto de irrigação, o que exige a adoção de hipóteses para então testá-las e calibrá-las conforme a literatura. A partir disso, algumas etapas comuns à estrutura metodológica de elaboração de um projeto de irrigação por microaspersão tiveram sua ordem alterada.

A idéia do projeto é montar um sistema adequado às necessidades de uma horta onde as culturas variam no espaço e no tempo. Foi adotada uma vazão média de água para atenção dessas necessidades, e após todos os cálculos, foi determinado um sistema que poderia operar além daquela média; mas também foi tomado o cuidado para de evitar o sobredimensionamento e o encarecimento do projeto.

Alternativas	Avaliação									Total
	1. Custo e Complexidade de Implementação	2. Custo e Complexidade de Manutenção	3. Consumo de Energia	4. Ganho de Produtividade	5. Adequação à Topografia	6. Adequação ao Solo	7. Adequação ao Clima	8. Adequação à Policultura	9. Potencial de Erosão	
Aspersão Convencional	Eliminada	Eliminada	Eliminada	Eliminada						Eliminada
Aspersão Mecanizada	Eliminada	Eliminada	Eliminada	Eliminada						Eliminada
Gotejamento Superficial	2,5	5,0	7,5	7,5						22,5
Microaspersão	7,5	5,0	5,0	7,5						25,0
Sulcos	Eliminada	Eliminada	Eliminada	Eliminada						Eliminada
Inundação	Eliminada	Eliminada	Eliminada	Eliminada						Eliminada
Elevação do Lençol Freático	Eliminada	Eliminada	Eliminada	Eliminada						Eliminada
Gotejamento Subsuperficial	Eliminada	Eliminada	Eliminada	Eliminada						Eliminada

Quadro 8: matriz de decisão e restrições para irrigação

a) VAZÃO DE REFERÊNCIA

Segundo Armino Rosa, no documento “Estimativa das Necessidades Hídricas das Plantas de Jardim”, a vazão de água necessária para vegetação arbustiva varia de 5 a 7 L/m²/dia. É a vegetação predominante na horta.

Foi necessário adotar-se uma vazão média para toda a horta pois a disposição de culturas no espaço varia enormemente, assim como ao longo do tempo.

b) ÁREA IRRIGADA

A área a ser irrigada foi calculada a partir da distribuição visual e manual de círculos correspondentes ao raio de ação de microaspersores, com pequena sobreposição. Foi adotado o raio de 1,5m, embora geralmente operem com 2,0m, criando assim maior sobreposição e maior irrigação caso seja necessário.

Assim, a área calculada para irrigação foi de aproximadamente 800m².

c) TURNO DE REGA

Para se delimitar a vazão por hora para a horta a partir da necessidade diária e da área irrigada foi necessário adotar um turno de rega.

O turno de rega para operações de microaspersão deve ser pela manhã, com pouco ou nenhum sol, pois a rega nas horas mais quentes do dia pode danificar a plantação. Também não pode ser a noite na maior parte do ano, pois a umidade sobre as folhas das plantas durante a noite pode causar o aparecimento de doenças como fungos, por isso rega-se de manhã para que as folhas sequem durante o dia. Durante o verão, pode-se abrir essa exceção.

Portanto, o turno de rega adotado foi de 1h a 2h diárias, no período da manhã, das 7 às 9h, mas podendo ocorrer mais cedo conforme a disponibilidade dos operadores. E

conforme dito, em épocas de maior demanda hídrica das plantas, pode ser realizado durante a noite de forma complementar.

d) VAZÃO POR HORA

A partir do turno de rega diário e da demanda diária por metro quadrado, chegou-se ao valor de 3000L/h, que equivale de 3,75L/m²/dia a 7,5L/m²/dia para um turno de 1h a 2h, podendo ser aumentado caso necessário.

e) MICROASPERSORES

A quantidade de emissores distribuída pelo mapa a partir de imagem aérea da horta foi de 113 emissores, distribuídos em 37 linhas laterais de diversos tamanhos que provém de uma linha principal. Como dito anteriormente, esse dimensionamento é uma aproximação da situação real com vistas a atender às diversas necessidades existentes. Nessa configuração, cada microaspersor apresentaria uma vazão próxima a 27L/h.

O aspersor escolhido para essa vazão e esse raio de atuação foi, conforme consulta a catálogo da Amanco, o microaspersor MF2 Cinza.

A pressão de trabalho seria em torno de 12m.c.a para essa vazão.

A quantidade de microaspersores indicada para compra, será de 120 microaspersores.

Cada microaspersor ainda contará com um microtubo, um conector para a junção do microtubo com a tubulação, e uma estaca para sua fixação e elevação.

Foi estipulado um comprimento de microtubo, por aspersor, de 50cm, totalizando, para 120 microaspersores, 60m de microtubos.



Figura 25: microaspersor Fonte: Catálogo Irrigação Amanco

Posição de Montagem

Microaspersor
Longo Alcance



f) LINHAS LATERAIS

Conforme o desenho do sistema de irrigação e suas dimensões aproximadas para cada trecho de linha lateral, partiu-se para o cálculo das perdas de carga. Foi adotada uma tubulação conforme catálogo e consulta à projetos semelhantes, e chegou-se ao Tubo PELBD 1630 PN 25, com um diâmetro interno de 16mm e pressão de trabalho de 25mca.

Para cada linha lateral, a partir dos dados de diâmetro interno, número de emissores, comprimento da linha e vazão total, chegou-se às estimativas de perda de carga em cada linha, com o auxílio da equação de Hazen-Williams e do fator de Christiansen. Primeiramente, foi calculada a perda de carga em função da vazão e do diâmetro. Então, foi introduzida a perda no local de inserção da linha lateral. Foi atribuído um F de Christiansen para cada linha em função do número de saídas conforme tabela consultada. A partir da perda de carga que leva em conta a perda no local de inserção, o F, e o comprimento da linha, chegou-se a perda total em cada linha.

A perda é notadamente pequena, praticamente insignificante; e comparando-se a projetos semelhantes, fica evidente que isso se deve ao fato do comprimento dessas linhas ser bem pequeno. Portanto, a pressão de 12 mca na entrada de cada linha é o suficiente para manter todos os microaspersores em bom funcionamento.

Cada linha lateral contará também com uma válvula em seu início, permitindo assim a regulação manual do fluxo caso necessário.

Foi contabilizado aproximadamente 270m de linhas laterais, que serão acrescidos de 30m por segurança, totalizando 300m de tubulação de 16mm.

Esquema de Montagem

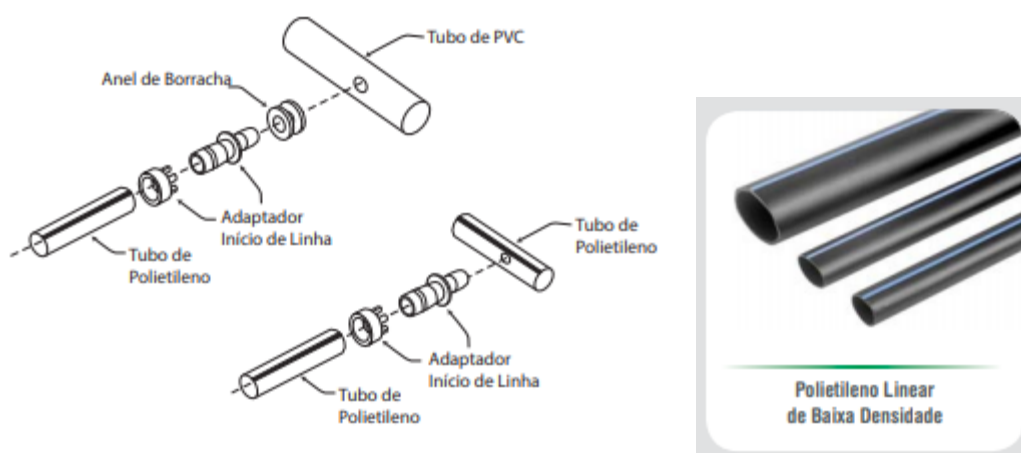


Figura 26: montagem do aspersor Fonte: Catálogo Irrigação Amanco

g) LINHA PRINCIPAL

Para a linha principal, segundo as dimensões do sistema de irrigação, foi adotado um tubo PE com diâmetro de 50mm. As perdas não são significativas.

Foi contabilizado 80m de linha principal, que será acrescido de 20m por segurança, totalizando 100m de tubulação de 50mm.

Esta foi a configuração projetada/sugerida:



- Limite da Horta
- Linha Principal
- Linhas Laterais
- Raio de Cobertura de Microaspersores

Figura 28: Sistema de irrigação

h) PRESSÃO DA BOMBA

Garantida a tubulação capaz de manter a pressão de 12 mca da bomba até os microaspersores, elevou-se a pressão necessária para 15 mca para se obter uma margem de segurança.

i) ESCOLHA DA BOMBA

A partir de consulta à tabela de seleção de bombas Schneider, a bomba escolhida foi a Versajet 07, com potência de 0,75cv, Autoaspirante.

j) CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA A BOMBA

A bomba funcionará com a água da sabesp, disponível em tubulação próxima, previamente utilizada para a irrigação manual da horta, e já pressurizada (entre 10 e 50 mca pela ABNT, podendo diminuir em períodos de racionamento).

k) CISTERNA

Há uma cisterna para coleta de água de chuva no centro comunitário, em uma cota em torno de 8 metros abaixo do local onde seria colocada a bomba para o sistema de irrigação, e a cerca de 30m de distância. O grupo avaliou sistemas capazes de integrar essa cisterna como fonte hídrica alternativa para a irrigação, porém foram constatados diversos problemas de perda de carga em excesso e alto custo com bombas adicionais. Além disso, os meses com pouca chuva são os de maior necessidade de irrigação, o que exigiria o armazenamento de grandes quantidades de água a partir dos meses chuvosos, o que consequentemente exigiria uma cisterna muito maior e um longo período de armazenamento. Portanto esta alternativa foi desconsiderada para o projeto de irrigação e ficará a critério dos moradores como utilizá-la. Chegou a ser considerado o uso alternado da bomba para sugar água da cisterna e colocá-la em caixas de água acima do nível da horta, com o uso da bomba para o sistema de irrigação em outro momento a partir dessas mesmas caixas, porém todas as bombas consideradas trabalham com menos de 8 mca para a sucção, o que ultrapassa as perdas existentes desde o fundo da cisterna, e seriam necessárias caixas de água bastante elevadas para se dispensar o uso de bomba para a irrigação.

l) ENERGIA NA BOMBA

A bomba será alimentada de energia, a princípio, por ligação com a malha da eletropaulo. Isso se deve ao fato de, ainda que se trabalhe com a energia solar, a bomba deverá ter autonomia também para os momentos em que essa energia não esteja disponível, já que a possibilidade de uma bateria junto à luz solar é pequena e a irrigação deve ocorrer nas horas de menor luminosidade.

m) LISTA DE MATERIAIS

- 120 Microaspersores - Cinza 99506 - 30L/h
- 120 Estacas - Micro Aspersor MF - 15004 - 4mm
- 120 Conectores - 13450 - 4mm
- 60m de Microtubos - Tubo PELBD 0437 PN 110 - 15098 - 4mm
- 40 Registro Inicial com Rosca - 98837 - 16 mm - Furo 17 mm
- 40 Acessórios para Fim de Linha - 15002 - 16 mm
- 300m de Tubos de Polietileno - Tubo PELBD 1630 PN 25 - 17329 - 16mm
- 100m de Tubos de Polietileno - 50mm (não disponível pela Amanco)
- 1 Motobomba - Versajet 07

4 CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

Os sistemas solares fotovoltaicos integrados para múltiplos usos estão se tornando uma alternativa cada vez mais viável, devido à crescente preocupação com o meio ambiente e a busca de maior eficiência energética.

Há uma certa flexibilidade para a aplicação da solução fotovoltaica, já que existem diversas marcas e modelos de painéis solares, controladores e inversores disponíveis no mercado. Apesar disso, as peculiaridades da localidade e das construções tem grande influência sobre o projeto do sistema de energia. Deve-se tomar cuidado com possíveis sombreamentos por vegetação ou edificações e se atentar à incidência solar do local.

O projeto como um todo avaliou as consequências sociais e ambientais da ocupação e propôs alternativas de melhorias para as atividades que causam impactos significativos. A proposta inicial era auxiliar a Vila Nova Esperança na sua missão de se tornar uma comunidade sustentável e melhorar a qualidade de vida de seus moradores. Com a implantação do sistema de energia fotovoltaica e de irrigação esse propósito se torna realidade. Ainda há muito há ser feito em matéria de sustentabilidade e melhorias para os moradores, mas esperamos ter direcionado um pouco do conhecimento técnico e acadêmico de volta à sociedade.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PEREIRA, E. B. **Atlas brasileiro de energia solar: 2ª Edição Revisada e Ampliada** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE Centro de Ciências do Sistema Terrestre CCST

MARINOSKI; SALAMONI; RÜTHER. **Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC**. São Paulo: 2004.

SIMAS, M; PACCA, S. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável**. Estudos Avançados (USP. Impresso). São Paulo, 2013, vol. 27, p. 99.

TIBOLA, G. **Sistema eólico de pequeno porte para geração de energia elétrica com rastreamento de máxima potência**.

Pesquisa sobre licenciamento ambiental de parques eólicos. MMA

COSTA, R. E.; SILVEIRA, J. S.; TOMM, F. L.; MARCHESAN, T. B.; CAMPOS, A.; PRADO, R. N. **Warm-Up and Steady-State Control of High-Pressure Sodium Lamps Applied to Public Lighting Systems**. Industry Applications Society Annual Meeting (IAS), 2008.

ZUKAUSKAS, A.; SHUR, M.S.; COASKA, R. **Introduction to Solid-State Lighting**. Ed. Wiley Inter-Science, 2002.

FINOCCHIO, M. A. F. **Noções gerais de projetos de iluminação pública**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ROSA, A. **Estimativa das necessidades hídricas das plantas de jardim**. Disponível em:

<<http://www.drapalg.min-agricultura.pt/downloads/projectos/Trabalhos%20%20sobre%20Rega%20e%20Fertirrega/ESTIMATIVA%20DAS%20NECESSIDADES%20H%C3%ADDRICAS%20DAS%20PLANTAS%20DE%20JARDIM%85.pdf>>. Acesso em 2 de junho de 2018.

6 ANEXOS

6.1 Catálogos painéis:

https://www.unitron.com.br/produtos/energia-solar/modulo-solar/item/download/30_243be933c128e8d8dafc4263cccb6325

6.2 Catálogo bomba

<https://lcsimej.files.wordpress.com/2012/08/catc3a1logo-bombas-schneider.pdf>

6.3 Manual de instalação controlador XW:

https://www.unitron.com.br/produtos/energia-solar/conexao-a-rede/item/download/198_a804abb7cc10814bd07b42d408e589b6

6.4 Memória de Cálculo: Perda de Carga na Rede Dimensionada

https://drive.google.com/file/d/1Fz_mP5uUgZQ0D1fpHIBImJ7LKCeNqmiE/view?usp=sharing

6.5 OUTRAS QUESTÕES EM SUSTENTABILIDADE

6.5.1 COMPOSTAGEM

A questão de aproveitamento do lixo orgânico para a bioenergia já foi tratada neste trabalho. Porém, há que se considerar ainda outra alternativa de destinação do lixo orgânico, mais simples e também bastante positiva no contexto da horta comunitária, que é a compostagem para produção de adubo orgânico.

A adubação é um dos problemas atuais na manutenção da horta, principalmente pelo alto custo dos fertilizantes. A adubação orgânica a partir da compostagem pode diminuir essa demanda e aumentar a produtividade, a um custo muito baixo.

a) Fatores e Dimensionamento

Há diversos fatores que influenciam na eficiência e rapidez do processo de compostagem, mas o maior fator ainda é a disponibilidade de matéria orgânica a ser processada. Portanto, serão dadas orientações técnicas e sugestões de equipamento para assegurar a eficiência do processo, mas o mais importante é uma boa política de aquisição de lixo orgânico, para além do centro comunitário, atingindo os demais domicílios locais e até estabelecimentos próximos como bares e restaurantes.

É possível admitir um prazo de 1 a 2 meses para que determinado volume de matéria orgânica se transforme em adubo orgânico (1 mês em estações quentes). O processo envolve a biodigestão aeróbia da matéria orgânica, gerando uma parte sólida e uma parte líquida, esta denominada chorume.

O processo é realizado em caixas de plástico, em um regime cíclico de adição de matéria orgânica e remoção de adubo, com drenagem constante do chorume para outro recipiente, o qual poderá ser aplicado nas plantas posteriormente.

Alguns sistemas funcionam de forma contínua, com a adição de matéria orgânica no topo da caixa, e a remoção de adubo na base, por meio de uma gaveta, contando ainda com uma caixa por baixo que recebe o chorume drenado (através de furos na caixa superior). Outros sistemas funcionam por bateladas, empilhando-se várias caixas; a caixa no topo recebe matéria orgânica, e vai descendo pela pilha conforme a caixa que está na base é retirada para a remoção do adubo já biodigerido, a qual é recolocada no topo para receber matéria orgânica e continuar o ciclo; é importante que as caixas tenham furos no topo e na base para a passagem de chorume, ar e microorganismos (como minhocas), havendo uma tampa com furos e tela anti-mosca no topo da pilha e uma caixa extra na base que recebe o chorume drenado.

O sistema de empilhamento de caixas permite maior flexibilidade ao processo, podendo trabalhar com volumes variáveis (mais ou menos caixas na pilha), e é de fácil montagem. Também facilita a permanência de microorganismos decompositores, em constante migração para as caixas superiores conforme a pilha se move, favorecendo a eficiência do processo. Além disso, facilita o controle do tempo em que a matéria orgânica fica na caixa e quando pode ser retirada, seguindo a própria ordem espacial do empilhamento.



Figura 29: composteiras

Fonte: <http://myurbanproduce.blogspot.com/2016/02/compostagem-caseira-producao-de-humus.html>

b) Materiais

Será sugerida a aquisição de caixas de plástico empilháveis para a montagem de uma composteira. A quantidade e o tamanho das caixas dependerá do volume de lixo orgânico adquirido por intervalo de tempo. O tamanho das pilhas se limitará pela resistência estrutural das caixas (é possível fazer mais de uma pilha sem grandes perdas de espaço) e pela disponibilidade de lixo orgânico para preencher mais e mais caixas sucessivamente.

As caixas devem ter vedação adequada nas laterais das tampas; e devem ser realizados diversos furos com furadeiras tanto nas tampas quanto nas bases das caixas, com correspondência entre tampa e base (furos que fiquem um sobre o outro nos contatos das caixas empilhadas), para facilitar o deslocamento de ar, chorume, e microorganismos entre os meios, principalmente minhocas (portanto, furos com pouco mais de 5mm). Há caixas que não precisam de tampa para garantir o encaixe.

Uma das caixas não será furada em sua base, esta receberá e armazenará o chorume drenado das caixas acima (é aconselhado não armazenar o chorume por mais de 1 semana). Poderá ser furada apenas para a colocação de uma torneira, facilitando a retirada do chorume, que poderá então ser armazenado em garrafas ou caixas que tenham vedação adequada e uso exclusivo para este fim. É recomendada a utilização imediata do chorume coletado para o aproveitamento não só da matéria orgânica mas dos microorganismos presentes, bastante benéficos para a horta. O volume de chorume deverá ser diluído no mínimo em 10 volumes de água, antes da aplicação. E como já foi dito, a tampa no topo da pilha deverá ser furada, porém coberta com tela anti-mosca, para evitar sua presença e proliferação sobre a matéria orgânica contida nas caixas.



Figura 30: diagrama de montagem de uma composteira

Fonte: <https://zerowastebrasil.wordpress.com/category/vermicompostagem/>

O volume de matéria orgânica calculada anteriormente no item 6 indica um potencial de 500m³ por dia. Assumindo-se que este volume permanece na caixa em um período de 40 dias, nos quais mais volumes chegam, o volume total de caixas seria de 20.000m³. A princípio deve-se começar o projeto com um volume menor e expandir conforme a necessidade ou o grau de colaboração da comunidade em trazer lixo orgânico. Volumes de 20 a 40 litros seriam um bom começo.

c) Minhocas

Também é recomendada a aquisição de minhocas californianas, especializadas na digestão de matéria orgânica. Minhocas comuns apresentam maior eficiência no processamento de terra, são as chamadas geófagas, pouco interessantes para uma composteira. A aquisição de minhocas californianas é relativamente fácil, podendo ser adquiridas em lojas de pesca ou de insumos agrícolas. A quantidade pode ser pequena; a proliferação será rápida na composteira. As minhocas não apenas ajudam na decomposição da matéria orgânica, como auxiliam na aeração e na proliferação de microorganismos aeróbios, cruciais para a eficiência do processo. A presença de minhocas dispensa a necessidade de se revirar o composto orgânico periodicamente.

d) Localização

A composteira deve se localizar em lugar arejado, com proteção contra chuva e ventos, e sem incidência direta de luz solar, ao menos nas horas mais quentes do dia. O calor, embora benéfico para a ação das minhocas, não pode atingir níveis muito altos, o que causaria a morte e a fuga destas; assim como a incidência de ventos no inverno poderia abaixar demais a temperatura, comprometendo a eficiência.

e) Lixo Orgânico Recomendado e Não Recomendado

Seguem orientações gerais de itens que podem ou não podem ir para as composteiras.

Recomendado:

- Restos, talos e cascas de frutas e verduras.
- Casca de ovo.
- Borra de café.
- Podas de grama e folhas, palhas.
- Folhas secas e serragem não tratada.
- Estercos.

Tomar cuidado:

- Frutas cítricas, pois podem acidificar demais o meio e causar a morte de microorganismos decompositores, principalmente as minhocas.
- Alimentos cozidos ou assados, devem ir em pequenas quantidades pois o excesso de sal e conservantes pode atrapalhar os processos da composteira, além do excesso de umidade presente, o que exige secagem ou adição de serragem. Em algumas fontes desta pesquisa, o arroz é banido.

Não recomendado:

- Fezes de cães e gatos, por apresentar vírus e outros parasitas perigosos para as minhocas, para as plantas e para o ser humano.
- Carnes, gorduras, óleos, laticínios, pães, massas, bolos, alho e cebola, pois sua decomposição é demorada, causam mau cheiro e atraem animais e pragas.
- Nozes pretas, pois contém uma substância tóxica para alguns tipos de plantas.
- Papel, papelão, serragem tratada e carvão vegetal, pois possuem compostos químicos danosos para a compostagem e para as plantas.

f) Conclusão

Seguindo-se essas orientações, é possível realizar uma compostagem (ou vermicompostagem, na presença de minhocas), com eficiência adequada, sem a geração de odores ou outros problemas, e grandes ganhos de produtividade para a horta, além da redução de custos com fertilizantes. O adubo gerado pelo processo, que pode ser chamado de húmus de minhoca neste caso, é um adubo que exige menos cuidados em sua aplicação se comparado ao adubo químico, podendo ser prontamente utilizado sem qualquer restrição de quantidade, além de possuir microorganismos que ajudam a manter processos microbiológicos no solo que são benéficos para as plantas.

Todos os materiais citados podem ser adquiridos em lojas especializadas, onde há sistemas prontos de composteiras empilháveis. Porém, o custo é maior, portanto a sua montagem a partir de caixas comuns deve ser uma alternativa considerada por ser um processo rápido, simples, e mais barato, com o mesmo resultado final.

6.5.2 POLUIÇÃO DIFUSA E DRENAGEM URBANA

A atual crise hídrica mostra a necessidade de se proteger os reservatórios de água doce já existentes. Ocupações residenciais em área de manancial são prejudiciais à qualidade da água captada para consumo. Por este motivo, foram criadas áreas de proteção ambiental ao redor dos mananciais de abastecimento que não permitiam a sua ocupação. Em vista da Lei de Proteção dos Mananciais (Lei 898/1975 - Disciplina o Uso do Solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana de São Paulo), as prefeituras e órgãos públicos deixaram de investir em infraestrutura de saneamento básico nessas áreas, sendo assim, o esgoto doméstico produzido por essas residências de assentamentos informais não é tratado e não tem destinação ambientalmente correta. Além disso, esta forma de ocupação carrega grande quantidade de sedimentos e poluição difusa (que está dispersa na bacia) para os corpos d'água.

Faz-se necessário, então, um estudo que viabilize a implantação de sistemas de tratamento de poluição difusa e de coleta de esgoto de baixo custo e baixo impacto que preservem a qualidade da água do manancial em questão. O assentamento está hoje em processo de regularização fundiária e deve ser feito um plano de reurbanização da área. É preciso garantir a qualidade da água dos córregos do entorno e do lençol freático e a melhoria da qualidade de vida dos moradores. Tal estudo foge do escopo deste trabalho, mas ficam indicadas possíveis soluções de baixo custo e impacto: existem pesquisas sobre métodos alternativos de tratamento de poluição difusa carregada pelas águas pluviais, como jardins de chuva, wetlands e trincheiras drenantes. Esses recursos ainda solucionam parte dos problemas de erosão que a falta de um sistema drenagem urbana acarreta. Tais dispositivos são construídos com malhas de geotêxteis, brita e espécies vegetais. A água

da chuva poluída é coletada e armazenada pelo dispositivo, as plantas retiram parte da carga orgânica enquanto o volume d'água é lentamente absorvido pelo solo.



Figura 31: corte de um jardim de chuva, adaptado de Liliane Bertoldi