



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharias

Implementação de sistema "SmartGrid" na FGA integrado com fontes alternativas de energia

Autor: Turma C
Orientador: Juliana Petrocchi Rodrigues

Brasília, DF
2016



Turma C

Implementação de sistema "SmartGrid" na FGA integrado com fontes alternativas de energia

Relatório submetido para a avaliação do ponto de controle 3 referente à matéria Projeto Integrador 1 do grupo responsável pelo projeto de uma SmartGrid para a UnB - FGA.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Juliana Petrocchi Rodrigues

Coorientador: Fábio Cordeiro de Lisboa

Brasília, DF

2016

Lista de ilustrações

Figura 1 – Interface do programa RETScreen Expert	15
Figura 2 – Cálculo da geração do biogás – RETScreen Expert	16
Figura 3 – Resultados obtidos – RETScreen Expert	16
Figura 4 – Foto aérea do campus FGA. Marcação laranja indica o posicionamento do biodigestor	20
Figura 5 – Esquema de associação de células fotovoltaicas em série	28
Figura 6 – Esquema de associação de células fotovoltaicas em paralelo	28
Figura 7 – Esquema de energia híbrida (Fotovoltaica e Eólica)	31
Figura 8 – Representação esquemática do sistema On-Grid. Cores Fantasia	31
Figura 9 – Irradiação Solar no Brasil	32
Figura 10 – Gráfico de irradiação solar da UnB campus Gama	33
Figura 11 – Painel Fotovoltaico Canadian 265W	35
Figura 12 – Inversor Fronius Primo 8.2-1 (8.200W)	36
Figura 13 – Cabo Solar Prysmian Afumex 4 mm ² 1kV	37
Figura 14 – Composição interna do cabo solar	38
Figura 15 – Suporte de angulação ajustável de 15,° e 20 °	38
Figura 16 – Presilha Lateral para Módulos Fotovoltaicos - Aba 40mm (Para Parafusos M8)	39
Figura 17 – Stringbox	39
Figura 18 – Disposição dos painéis	41
Figura 19 – Tabela ilustrativa de sensores térmicos	49
Figura 20 – Quadro comparativo dos modelos de sensores de presença	50
Figura 21 – Quadro comparativo entre sensores receptores fotossintéticos	51
Figura 22 – Quadro comparativo entre sensores receptores fotossintéticos	51
Figura 23 – Quadro de medidores inteligentes	53
Figura 24 – Linha de medidores inteligentes SMW	54
Figura 25 – Fluxograma ordem de funcionamento	54
Figura 26 – Gerador BAT - 5000 BIO [5]	55
Figura 27 – Quadro de transferência automática da Strazmaq [6]	56
Figura 28 – Esquematização do sistema de banco de dados	58
Figura 29 – Solução MAESTRO WIRELESS proposta por LUTRON para automação de iluminação para salas e escritórios. Adaptado de: < http://www.lutron.com/en-US/Products/Pages/SingleRoomControls/MaestroWireless/Components.aspx >	61
Figura 30 – Visão geral do sistema completo de automação Smart Grid (Quantum) idealizado pela empresa LUTRON	62

Figura 31 – Tabela comparativa entre os modelos de balastros de controle de lâmpadas fluorescentes fornecidos pela empresa LUTRON. Disponível em < www.lutron.com >, Adaptado	63
Figura 32 – Soluções de dimerização interna e externa, sugerida pela empresa OSRAM. Disponível em < www.osram.com > Adaptado	63
Figura 33 – Tabela final de custos do sistema de automatização da Faculdade Gama/UnB	66

Sumário

Introdução	7
I BIOGÁS	9
II BIOGÁS COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA	11
1 BIOGÁS COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA	13
1.1 Definição	13
1.2 Funcionamento	14
1.3 Aplicação na FGA	18
1.3.1 Desenho Esquemático	19
2 TABELA ORÇAMENTÁRIA	21
2.1 Orçamento dos materiais necessários para a construção do biodigestor adaptado tipo indiano	21
III ENERGIA FOTOVOLTAICA	23
3 ENERGIA FOTOVOLTAICA	25
3.1 Definição	25
3.2 Efeito fotovoltaico	25
3.3 Vantagens e Desvantagens	26
3.4 Sistema fotovoltaico	27
3.4.1 Bloco gerador	28
3.4.2 Bloco de condicionamento de potência	29
3.4.3 Bloco armazenador	30
3.4.4 Configurações de sistemas fotovoltaicos	30
3.5 Incidência solar na FGA	32
3.6 Manutenção das placas	33
3.7 Especificações e preços	34
3.7.1 Módulos fotovoltaicos	34
3.7.2 Inversor	36
3.7.3 Fiação elétrica	37
3.7.4 Suporte de angulação ajustável	38
3.7.5 Presilhas para módulos fotovoltaicos	39

3.7.6	String Box (quadro elétrico fotovoltaico)	39
3.8	Geração de energia	40
IV	SMART GRID	43
4	SMART GRID	45
4.1	Introdução	45
4.1.1	Resumo	45
4.1.2	Sensoriamento e controle	46
4.1.3	Análise avançada de dados	46
4.1.4	Automação e TI	47
4.1.5	Transmissão de dados	47
4.2	Desenvolvimento	48
4.2.1	Sensores de temperatura	48
4.2.2	Sensores de presença	49
4.2.3	Sensores de comunicação	50
4.2.4	Medidores Inteligentes	52
4.2.5	Automação dos componentes do Biogás	54
4.2.6	Sincronização	56
4.2.7	Softwares de gerenciamento	57
4.3	Orçamento e viabilidade	59
4.3.1	Sensores de Presença	59
4.3.2	Sensores Infravermelho	60
4.3.3	Sensores de Luminosidade	60
4.3.4	Medidores Inteligentes	64
4.3.5	Sistema de Gerenciamento de Dados	65
4.3.6	Central de Gerenciamento de Dados	65
4.3.7	Gerador Biogás	66
4.3.8	Quadro de Transferência Automática	66
	Conclusão	67
	REFERÊNCIAS	69

Introdução

Este documento apresenta o trabalho realizado pela turma C da disciplina Projeto Integrador 1, no que diz respeitos à entrega do desenvolvimento do trabalho até o terceiro ponto de controle. Este documento foi dividido em três partes principais: SmartGrid, energia fotovoltaica e biogás. A parte denominada como SmartGrid trata das questões para o desenvolvimento do mesmo e as outras duas partes dizem respeito às fontes de alternativas de energia que serão utilizadas para o desenvolvimento do projeto. Há também uma última parte, denominada payback, que diz respeito ao tempo que a energia economizada com o projeto leva para pagar os gastos de implementação.

Parte I

Biogás

Parte II

Biogás como fonte renovável de energia

1 Biogás como fonte renovável de energia

1.1 Definição

A compreensão do biogás como fonte renovável de energia traz como necessário o entendimento da biomassa como recurso com potencial energético. Biomassa pode ser designada como a massa total de matéria orgânica acumulada num espaço. Desta forma pertencem à biomassa todos os vegetais e animais, bem como os seus resíduos. Além disso, os resíduos industriais dos segmentos madeireiro e alimentício e os resíduos urbanos, como esgoto doméstico. Esta abrangência de biomassa pode ser transformada pelas tecnologias convenientes de conversão em biocombustíveis e energias térmica, mecânica e elétrica ([STAIISS; PEREIRA, 2001](#)).

O biogás é produzido a partir da digestão anaeróbia de matéria orgânica. Basicamente o processo é constituído pela aglomeração destes resíduos em uma estrutura fechada, denominada biodigestor. No biodigestor as bactérias inerentes aos dejetos obtêm, dentro de condições adequadas de trabalho, suas energias a partir da atuação fermentativa nos resíduos orgânicos, que traz como produtos o biogás, o efluente líquido mineralizado (após tratamento) e biofertilizantes.

Os microrganismos atuantes neste processo precisam de condições adequadas para a eficiência do trabalho fermentativo, como baixo teor de substâncias tóxicas e poder calorífico adequado da matéria orgânica, temperatura na faixa de 30-35°C e pH entre 7-7,5. Essas restrições, junto a escolha adequada do tipo de biodigestor, não expõem os microrganismos a condições estressantes, promovendo um bom aproveitamento da aglomeração orgânica.

O biodigestor é o local onde a matéria orgânica é depositada e sofre a digestão anaeróbia bacteriana. Esta construção é basicamente constituída por um canal de entrada de resíduos, uma câmara de digestão, um canal de remoção do biofertilizante, por um desnível coletor dos efluentes líquidos e por uma canalização para saída do gás. O biodigestor do tipo indiano é designado por este projeto, em virtude da sua simplicidade tecnológica e do posicionamento subterrâneo da sua câmara de digestão, que contribui na regulação das condições térmicas da atuação bacteriana.

O produto de maior relevância, neste estudo, a ser obtido é o biogás. Este por sua vez, é uma mistura de outros gases cujas características qualitativas e quantitativas dependem dos tipos residuais postos à atividade de digestão anaeróbia. Normalmente o gás metano (CH₄) aparece como constituinte em maior percentual no biogás – de 50 a 80% ([TEXIER; FARGE; GRANIER, 1979](#)). A relevância do biogás, aqui, é devido ao interesse

no produto final energia elétrica. A energia química do gás, por um processo controlado de combustão, é convertida em energia mecânica que ativa um gerador elétrico.

1.2 Funcionamento

A biomassa adotada neste estudo é a proveniente de resíduos orgânicos produzidos pelo restaurante universitário do Campus Faculdade do Gama, da Universidade de Brasília. O objetivo é a redução da dependência energética da concessionária de energia elétrica da região, o incentivo ao estudo e desenvolvimento de fontes renováveis de energia.

Para este fim, administração do restaurante universitário da UnB, campus Gama, foi contatada para que se pudesse obter dados sobre a quantidade de dejetos orgânicos jogados fora. O controle documentado sobre essas informações não existe, porém de acordo com os dados fornecidos pela administração do restaurante pôde-se estimar a quantidade de resíduo orgânico produzido diariamente. A quantidade é de aproximadamente 240 kg de resíduo orgânico.

Para a definição da quantidade de energia a ser produzida a partir do biogás gerado, tem-se que primeiramente estimar a quantidade de biogás liberada na digestão anaeróbica dos resíduos orgânicos provenientes do Restaurante Universitário. O controle documentado dos resíduos é inexistente, e os dados obtidos na administração do restaurante permite estimar a quantidade de resíduo orgânico gerada diariamente. São produzidos, em média, 4 sacos de lixo orgânico na unidade instalada na FGA, sendo que cada saco de lixo comporta 100 litros, e proporcionalmente 60 quilos de restos de alimentos.

Ao inserir os resíduos orgânicos no sistema de biodigestores, existem 4 fatores que afetam, majoritariamente, na produção do biogás, o produto desejado:

- Temperatura: As bactérias, que exercem o papel de decompor os alimentos, são sensíveis a altas temperaturas. Por isso a biomassa deve ficar em uma faixa de temperatura entre 25° e 35° C.
- Quantidade de água: a proporção de água na mistura vai agir no tempo em que as bactérias anaeróbicas vão trabalhar e começar a liberar gases.
- pH da Água: o pH da água tem uma grande importância para as condições ideais para que as bactérias não morram.
- Presença de Oxigênio: Para que a digestão anaeróbica aconteça é imprescindível que a câmara de digestão seja totalmente lacrada, pois as bactérias que irão atuar na decomposição dos resíduos são do tipo anaeróbicos, ou seja, não necessitam de oxigênio para sobreviver usam a fermentação ou a quimiossíntese. Para isso a

tubulação deve estar construída de forma que impeça a entrada de oxigênio no biodigestor na hora que o gás for ser liberado.

A visão do projeto é maximizar a economia da energia e gerar uma diminuição da conta de energia, as condições que afetam a produção do biogás serão consideradas ideais.

Sabendo a quantidade de quilogramas (kg), pode-se estimar a quantidade de gás metano que será liberada no biodigestor.

Dados coletados: 4 sacos de lixo de segunda a sexta, 2 sacos de lixo sábado

$$60 \text{ quilos} * 4 \text{ sacos} = 240 \text{ quilos de resíduos (segunda a sexta)}$$

$$60 * 2 \text{ sacos} = 120 \text{ quilos de resíduos (sábado)}$$

$$\text{Total de resíduos por semana (quilos)} = 240 + 120 = 360 \text{ quilos}$$

$$360 * 4 \text{ semanas} = 1440 \text{ quilos/mês}$$

$$1440 * 12 \text{ meses} = 17280 \text{ quilos/ano}$$

Foi feita uma estimativa da quantidade de biogás a ser gerada por meio de um software de simulação chamado RETScreen. Esse software, cuja interface é mostrada nas figuras 1 e 2, é aberto ao público e é disponibilizado online pelo governo do Canadá com o intuito de auxiliar na construção de usinas, mini-usinas e até instalações residenciais de fontes limpas de energia.

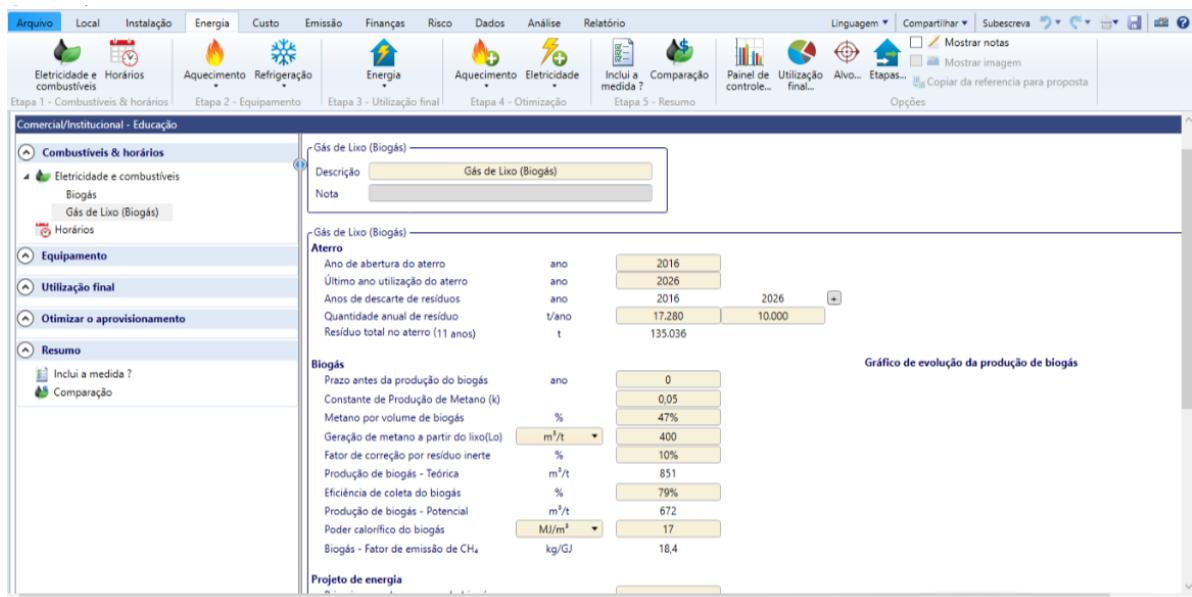


Figura 1 – Interface do programa RETScreen Expert

Nesta simulação, o aterro é o biodigestor na FGA. O ano de abertura considerado foi 2016, ano atual, considerando que o projeto está sendo realizado no mesmo. A estimativa de vida do biodigestor foi assumida como 10 anos. Tendo em vista a média de resíduo do ano presente, foi previsto que a cada ano que passa a tendência é que a quantidade

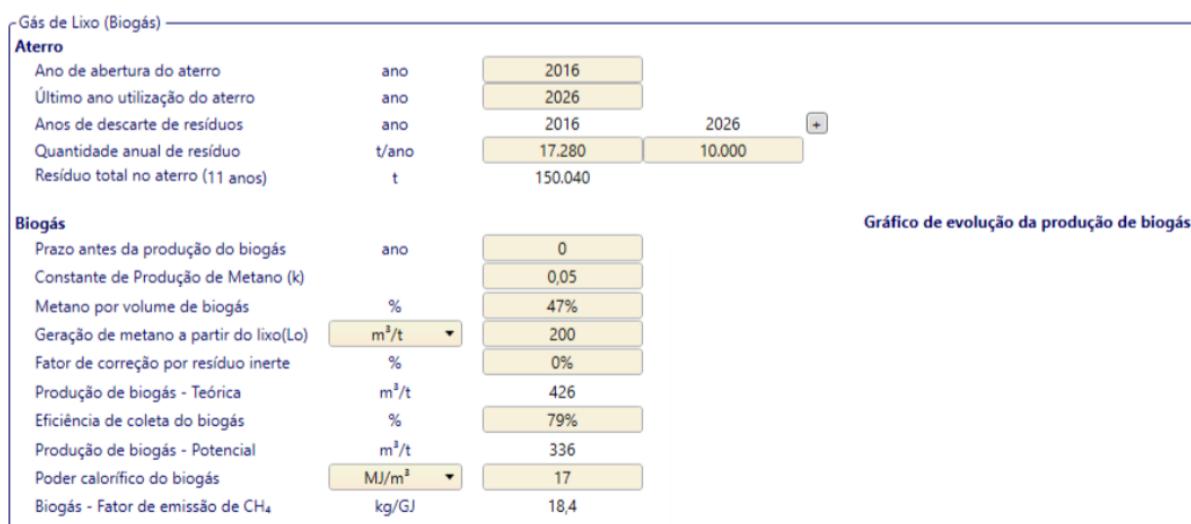


Figura 2 – Cálculo da geração do biogás – RETScreen Expert

do mesmo diminua devido a políticas de conscientização e um sentimento ecológico estar crescendo na sociedade.

As variáveis constantes de produção de metano (k) e geração de metano a partir do lixo (L0), dependem diretamente dos 4 fatores que afetam a geração do biogás, mas podem ser retirados do estudo do Banco Central “Manual para a preparação de gás de aterro sanitário para projetos de energia na América Latina e Caribe” e dos dados ofertados ao público pelo órgão EPA dos EUA (Agencia de Proteção Ambiental). Os valores, conservadores, de k e L0 são respectivamente 0,05 e 400 m^3/t .

Após serem inseridos os dados necessários, temos os resultados apresentados na figura 3:

Produção de biogás - Teórica	m^3/t	426
Eficiência de coleta do biogás	%	79%
Produção de biogás - Potencial	m^3/t	336

Figura 3 – Resultados obtidos – RETScreen Expert

A produção teórica não considera eventuais perdas no sistema e mostra o que as fórmulas matemáticas indicam o que será gerado. Já a potencial considera as perdas e, provavelmente, chegará mais perto da realidade. O resultado indica a quantidade em m^3 de biogás que será gerado a cada tonelada de resíduo. Assim, para descobrir a quantidade disponível de gás no ano, multiplica-se pela quantidade total de resíduos, 17,82 toneladas:

$$336 * 17,82 = 5980,8m^3$$

Desses $5980,8\ m^3$ de biogás terão $498,4\ m^3$ disponíveis para a utilização no motor gerados de ciclo Otto, por mês.

O processo de conversão do biogás em energia elétrica é necessário ao entendimento do funcionamento deste projeto. Existem diversas tecnologias para efetuar a conversão energética do biogás. Entende-se por conversão energética o processo que transforma um tipo de energia em outro. No caso do biogás a energia química contida em suas moléculas é convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada. Essa energia mecânica aciona um gerador que a converte em energia elétrica.

Após a conclusão da construção do biodigestor e do sistema de armazenamento de biogás, a matéria orgânica se compõe e o biogás proveniente da decomposição é enviado através de uma tubulação para ser utilizado como combustível para o conjunto motor-gerador. O conjunto gerador consiste em um motor de combustão interna Ciclo Otto adaptada para o uso do biogás como combustível, acoplado a um gerador de eletricidade, gerando energia.

1. Entrada dos resíduos orgânicos:

Os resíduos que irão alimentar o biodigestor serão os restos de alimentos gerados no restaurante universitário da faculdade. A geração do biogás, vai se realizar através da digestão desses resíduos, fontes da biomassa.

2. Biodigestor:

É no biodigestor onde ocorre a fermentação da biomassa. Essa unidade pode ser composta por uma caixa, uma vala (revestida e coberta por um material impermeável) ou um tanque. É de extrema importância, que o biodigestor seja vedado, criando um ambiente anaeróbico (sem a presença de oxigênio) para que os microrganismos sejam estimulados na degradação da biomassa, gerando o biogás.

a) Fermentação da biomassa:

Desintegração da biomassa por bactérias anaeróbicas (fermentativas) que passa por diversas fases de transformação até que forme uma mistura que contém majoritariamente metano e dióxido de carbono.

b) Produção e saída do biogás:

Os gases produzidos através da fermentação inflam a cúpula do biodigestor e, através da pressão, eles escapam pela tubulação de saída. Essa tubulação dirige o biogás até o motor-gerador que transformará sua energia em eletricidade.

c) Caixa coletora:

O processo de biodigestão gera uma outra matéria orgânica residual que é conduzida a uma caixa coletora (pode ser de alvenaria e deve cuidadosamente tampada).

3. Geração de energia elétrica:

O motor escolhido para a conversão do biogás em energia elétrica foi o Ciclo de Otto. Esse motor trabalha por combustão interna que aspira ou absorve uma mistura ar-combustível, e a comprime num local denominado câmara de combustão. A partir da centelha produzida na vela de ignição é gerada a combustão. Também conhecido como motor de quatro tempos, pois seu funcionamento decorre de quatro etapas sequenciais: admissão da mistura ar-combustível, compressão da mistura e geração de faísca, combustão para explosão da mistura, e exaustão para escape dos gases. Em funcionamento com a queima do biogás, o motor Otto alimenta o gerador de energia elétrica.

1.3 Aplicação na FGA

A instalação do biodigestor nos arredores do campus traz a discussão de uma nova questão. Para a viabilidade do projeto não é suficiente provar numericamente a eficiência energética da proposta. É necessário avaliar e resolver os possíveis transtornos que sua instalação traria à comunidade da FGA.

Durante o processo de obtenção do Biogás — que é um gás composto em sua maioria por Gás Metano —, são gerados vários outros gases (como o dióxido de carbono, nitrogênio, hidrogênio, gás sulfídrico e amônia) (OLIVER et al., 2008). Alguns desses, trazem mau odor ao ambiente (como é o caso do gás sulfídrico). Este, mesmo em pequenas porcentagens, gera bastante desconforto devido ao seu odor pútrido) (CAPATAN et al., 2012).

Um recurso utilizado para diminuição de odores, é a aplicação de agentes químicos oxidantes, como Ozônio e Peróxido de Hidrogênio. Ou até mesmo agentes aromáticos capazes de sobressair seu cheiro agradável ao cheiro produzido pelo biodigestor (MCCROY; HOBBS, 2001) (CAPATAN et al., 2012).

Há também, a possibilidade de neutralizar esses odores ao utilizar artifícios mais comuns em esgotos. Como a adsorção, onde há a ligação fraca entre moléculas, de compostos orgânicos e uma superfície sólida de adsorvente. Essa superfície, é caracterizada por ser produzida por sólidos porosos. Um dos materiais mais utilizados nesse tipo de processo, é o carvão ativado (CHERNICHARO et al., 2010).

A separação por membrana também é um recurso para a contenção de gases mau cheirosos, e se dá quando alguns gases são retidos por uma espécie de membrana delgada. Geralmente, as mesmas são construídas a partir de fibras ocas. Essas fibras são capazes de absorver alguns gases, e infelizmente não possuem o poder de extinguir todo e qualquer cheiro (CHERNICHARO et al., 2010).

É válido ressaltar que apesar da fonte de resíduos orgânicos adotada ser da FGA, outras alternativas foram colocadas em pauta durante a realização desta pesquisa. A utilização dos insumos orgânicos advindos da Região Administrativa do Gama, Distrito Federal, foi uma opção levada em consideração. A princípio seria feito o contato com a administração do Gama para que o destino do lixo orgânico gerado na cidade fosse direcionado para o grupo de trabalho responsável pelos biodigestores na FGA. Um grande empecilho encontrado, contudo, no possível relacionamento com a administração são as questões burocráticas e processos licitatórios necessários à exploração do lixo orgânico.

Esta decisão foi tomada pela burocracia a respeito da utilização de resíduos sólidos urbanos, pois conforme a lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010, o direito sobre o uso e o descarte do lixo e do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e do gerador do resíduo, isto é, as instituições que podem alterar o descarte do lixo em aterros sanitários é a empresa que presta serviços para o município, ou no caso para o Distrito Federal.

Desta forma, por exemplo, para usar os resíduos dos moradores da cidade do Gama ou de qualquer outra cidade, seria necessária uma aprovação de todos os moradores, ou uma licitação pública com o objetivo de obter a autorização para a coleta dos resíduos, o que está, de imediato, além das fronteiras projeto.

Segundo o decreto Nº 5.940, de 25 de outubro de 2006, todas a entidades de administração pública federal direta e indireta deverão separar o lixo em resíduos orgânicos e materiais recicláveis.

A escolha da Universidade de Brasília campus Gama, se baseou no decreto nº 5.940 e na lei nº12.305, pois como a diretoria da faculdade é um stakeholder e também é uma geradora de resíduos, através de um acordo os resíduos orgânicos gerados dentro do campus podem ser utilizados como massa reativa do biodigestor. Devido ao decreto nº 5.940 deve haver uma separação, que aumentará a eficiência do biodigestor e reduzirá a quantidade de matéria não reativa, que será retirada no fim do processo.

1.3.1 Desenho Esquemático

Neste projeto foi idealizada a utilização de apenas um biodigestor do tipo indiano, e para a sua localização no campus foi considerada a norma ABNT NBR 13.591 que trata sobre a compostagem de resíduos sólidos domiciliares, a norma ABNT NBR 15526/2009 que aborda os regulamentos para as redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – projeto e execução e a norma ABNT NBR 13523/2008 que aborda, por sua vez, sobre instalações de uma central de gás liquefeito de petróleo.

Além das normas ABNT consideradas, é importante ressaltar que o projeto de construção do campus, ainda não concluído, também foi considerado a fim de não interferir

na estrutura do projeto e trazer obstáculos à construção de um novo prédio ou de um estacionamento, por exemplo. A figura 4 identifica o posicionamento do biodigestor no campus da FGA.



Figura 4 – Foto aérea do campus FGA. Marcação laranja indica o posicionamento do biodigestor

2 Tabela Orçamentária

2.1 Orçamento dos materiais necessários para a construção do biodigestor adaptado tipo indiano

Orçamento feito tendo como base o MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR RURAL de Frederico Alvarenga de Oliveira Júnior disponível no endereço: <http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20140917140023.pdf>

Tabela 1 – Orçamento dos materiais necessários para a construção do biodigestor adaptado tipo indiano

Quantidade	Descrição	Preço
6 dias	Escavação do buraco	R\$ 200,00
1	Caixa de fibra de 3000 litros	R\$ 1200,00
10	Sacos de cimento	R\$ 263,20
1	Barra de ferro de 6,3 mm	R\$ 11,00
50 metros	Arame galvanizado 12	R\$ 25,00
6	Latas de brita 01	R\$ 10,00
100	Latas de areia	R\$ 145,00
5 metros	Placa de zinco 0,40 cm	R\$ 100,00
200	Tijolos de 6 furos	R\$ 97,00
6 metros	Cano PVC esgoto 100 mm	R\$ 47,90
3,5 metros	Cano PVC rígido 50 mm	R\$ 26,90
3,5 metros	Cano de ferro 40 mm	R\$ 40,00
1,5 metros	Cano PVC 60 mm	R\$ 76,00
1 metro	Cano PVC 75 mm azul	R\$ 64,00
2	Cola PVC pequena	R\$ 8,00
30 metros	Cano PVC rígido 20 mm	R\$ 61,00
3	Joelho PVC rígido 20 mm	R\$ 1,50
1	CAP 75 mm azul	R\$ 1,50
1	T PVC rígido 20 mm	R\$ 1,00
1	Parafuso 29 cm 4/8	R\$ 0,50
2	Luva de união 20 mm	R\$ 13,20
8	Joelho PVC rígido 20 mm	R\$ 3,36
1	Flange 60x60 mm	R\$ 25,00
3	Flange 20 mm	R\$ 24,00
3	Registros de esfera 20 mm	R\$ 83,70
5 metros	Mangueira cristal trançada 20 mm	R\$ 33,00
6	Luvas LR 20 mm	R\$ 6,00
3	Adaptador interno para mangueira PVC 20 mm	R\$ 5,00
4	Abraçadeiras rocsca sem fim 1/2	R\$ 4,00
1	Vasilhame 20 L acrílico (Água mineral)	R\$ 10,00
2 metros	Tábua 15x4 cm	
7 metros	Barrote de madeira de 10	R\$ 50,00
1	Telha de fibra 1,5x0,8 cm	R\$ 105,00
1	Parafuso 8 cm 3/4	R\$ 20,00
4	Prego para telha Brasilit	R\$ 14,90
1 metro	Tela de nylon 1,5x0,8 cm	R\$ 20,00
4 dias	Mão de obra não especializada	R\$ 300,00
2	Veda rosca	R\$ 17,98
1 metro	Cano PVC rígido 25 mm	R\$ 8,80
		Total: R\$ 3132,44

Parte III

Energia Fotovoltaica

3 Energia Fotovoltaica

3.1 Definição

O efeito fotovoltaico foi observado em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel. Quando incidindo, sobre uma superfície semicondutora, uma luz ele observou a diferença de potencial entre suas extremidades.

As primeiras células fotovoltaicas surgiram em 1956, com o grande desenvolvimento da microeletrônica, mas o alto custo já tornava a popularização de sua utilização inviável, eram empregadas comumente em sistemas espaciais para o fornecimento de energia elétrica. Essa utilização se dava pelo balanço de custo das placas em relação ao sistema espacial como um todo que tornava as placas não tão inviáveis, além de seu baixo peso e bom desempenho em ambiente espacial.

Com a crise do petróleo em 1973 foi impulsionada fortemente a pesquisa e desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica para diversas aplicações, esse tipo de produção de energia elétrica passou a atrair uma maior atenção dos governos. Entretanto, um fator ainda preocupante era a baixa eficiência das células fotovoltaicas em relação ao seu custo de produção, nisso o mercado tem ainda um desenvolvimento muito lento. Em 1978 a produção das células chegava a 1 Mwp/ano, quinze anos depois já alcançava 60 Mwp/ano, já em 1998 a produção prevista era em torno de 100 Mwp/ano (PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA, Cássio Araújo do Nascimento, página 10).

Atualmente a viabilidade de utilização das placas fotovoltaicas não está em necessariamente criar uma grande usina para abastecimento geral, mas em pequenas instalações em locais urbanos (casas, prédios, parques) que são capazes de suprir a demanda pontual e até mesmo fornecer energia elétrica gerada excedente, ou locais rurais que ainda dependem de fontes como carvão e biomassa para diminuir a dependência de fontes muito poluentes.

3.2 Efeito fotovoltaico

Células fotovoltaicas são fabricadas com material semicondutor, um material que possui características intermediárias entre condutor e isolante. Para essas células é utilizado, basicamente, o silício como material semicondutor.

O silício é um material bastante abundante na superfície terrestre, normalmente encontrado na areia e, para utilização na fabricação das células fotovoltaicas é extraído,

muitas vezes, de forma mais pura possível através de métodos adequados. O cristal de silício puro é um mal condutor pela ausência de elétrons livres em sua composição, para que este passe a conduzir acrescenta-se quantidades de outros elementos ao cristal, este processo é denominado dopagem.

A dopagem do silício com fósforo gera um material com elétrons livre, portadores de cargas negativas excedentes, denominado silício tipo N. Já a dopagem do silício com o elemento boro gera um material com características inversas, este é portador de cargas positivas excedentes, silício tipo P.

As células fotovoltaicas são compostas por uma placa fina de silício tipo N acoplada à uma placa com maior espessura de silício tipo P, unidas formam uma região P-N, onde há um campo elétrico devido a diferença de potencial entre as placas, naturalmente os elétrons fluirão no sentido N para P até que o equilíbrio seja atingido. Quando a célula é exposta à luz, os fótons excitam os elétrons da região N, fazendo com que continuem a fluir para a região P, gerando, assim, uma corrente contínua. No anexo 1, têm mais detalhado sobre as células fotovoltaicas, os tipos de painéis, a eficiência e a duração.

3.3 Vantagens e Desvantagens

São muitas as vantagens da utilização de um sistema fotovoltaico, é uma geração não prejudicial ao meio ambiente durante sua produção de energia elétrica, não há nenhum tipo de poluição. As placas possuem vida útil muitas vezes superior a 25 anos com uma manutenção adequada e a utilização de uma fonte inesgotável, o Sol.

As principais vantagens são:

- Não consome combustível;
- Não produz poluição;
- É uma fonte silenciosa;
- A vida útil é superior a 25 anos;
- Resistente a condições climáticas (umidade, altas temperaturas, vento, chuvas);
- Manutenção simples (a limpeza dos painéis é a única manutenção realmente rotineira);
- Capacidade de geração até em dias não ensolarados (mesmo com eficiência baixa);
- Possibilidade de ajustes na potência instalada através da incorporação ou retirada de módulos;

A geração de energia elétrica através do efeito fotoelétrico, em comparação a outras fontes, apresenta uma série de desvantagens. A eficiência é baixa quando analisada a possibilidade de aproveitamento, pois há muitos fatores que reduzem a eficiência, como exemplo: reflexão e sombreamento na placa, excedência e insuficiência de energia do fóton nas radiações de onda curta e longa, respectivamente, entre outros. Ainda há a questão ambiental envolvendo não a produção da energia elétrica, mas a fabricação das células, o processo de purificação do silício é tão prejudicial ao meio ambiente quanto qualquer outro processo industrial.

As principais desvantagens são:

- As células fotovoltaicas necessitam de tecnologia sofisticada para sua produção;
- O custo para implementação de um sistema fotovoltaico é elevado;
- A eficiência das células não alcança índices muito altos;
- O rendimento depende de fatores sempre presentes, como nuvens e radiação solar;
- Não há produção de energia elétrica durante a noite para abastecimento. (ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES, pg. 31 e 32, Renata Pereira Braga).

3.4 Sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é um conjunto de componentes que possibilitam a transformação de energia luminosa (cuja fonte é o sol) em energia elétrica(ECYCLE, 2014). O sistema é dividido em três blocos principais:

- Bloco Gerador: é o responsável pela transformação de energia;
- Bloco de condicionamento de potência: é responsável por adaptar a energia gerada para a utilização final;
- Bloco Armazenador: responsável pelo armazenamento da energia elétrica.

Além disso, os sistemas fotovoltaicos podem se apresentar em diferentes configurações, sendo elas: (CRESESB, 2006)

- Sistemas isolados: Desconectado da rede de energia;
- Sistemas híbridos: Além da energia gerada, a energia também é utilizada para carregar baterias que são utilizadas caso haja uma queda no fornecimento da distribuidora local ou para a utilização no período da noite;

- Sistemas conectados à rede: A energia gerada pelo sistema é distribuída diretamente na rede convencional.

A junção dos três blocos citados acima, colocados em uma configuração adequada ao local de instalação do complexo compõem o Sistema Fotovoltaico.

3.4.1 Bloco gerador

O bloco gerador é composto por módulos fotovoltaicos, estruturas de suporte e cabeamento. Um módulo fotovoltaico é um conjunto de placas fotovoltaicas, ligadas em série ou em paralelo, que fornecem certa corrente e tensão final. O módulo fotovoltaico também é chamado de painel fotovoltaico.

A ligação de módulo pode ser feita de duas formas, em série ou em paralelo. O arranjo em série consiste em agrupar o maior número de células possível até alcançar a tensão de 12V, a tensão final será a soma da tensão de cada uma das células. Esse arranjo é o mais comum em sistemas fotovoltaicos.

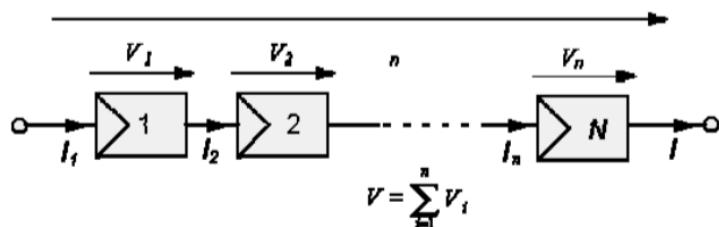


Figura 5 – Esquema de associação de células fotovoltaicas em série

Já o arranjo em paralelo fornece a corrente contínua final como a soma das correntes de cada placa e a tensão como a tensão de uma única placa. Esse arranjo é pouco utilizado já que a tensão fica em torno de 0,7V e a corrente máxima em 3A. (JOSÉ DA SILVA JUNIOR, 2008)

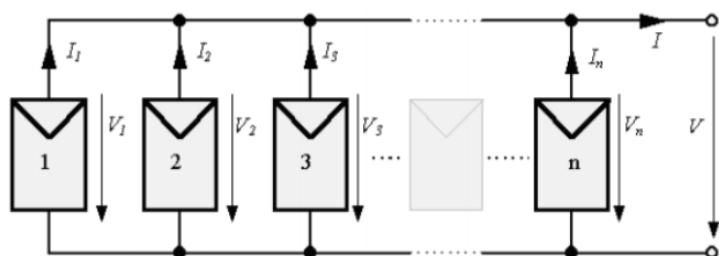


Figura 6 – Esquema de associação de células fotovoltaicas em paralelo

As estruturas de suporte são estruturas que suportam os módulos solares, eles podem ser fixos e sem angulação, voltados constantemente para cima. Podem ser móveis com angulação que é mudada manualmente de acordo com as condições anuais. E podem

ser dispositivos *tracker*, estruturas automatizadas que mudam de angulação segundo a posição do sol durante os dias. (ECYCLE, 2014)

Já o cabeamento corresponde a todo o conjunto de cabos que são necessários para a interligação dos componentes do sistema fotovoltaico. Em geral, são utilizados cabos do tipo módulo ou fileira, que protegem o sistema contra curto-circuitos e falhas. (ECYCLE, 2014)

3.4.2 Bloco de condicionamento de potência

O bloco de condicionamento de potência é composto por um inversor e um controlador de carga. Os inversores são conversores de corrente contínua em corrente alternada (CC/CA). A maioria dos aparelhos utiliza corrente alternada enquanto o módulo fotovoltaico produz corrente contínua, por isso a necessidade de se instalar um no sistema fotovoltaico. O inversor funciona “quebrando a corrente contínua em pulsos, isso permite que ela se torne alternada. Eles podem ser divididos em seis categorias: (NEOSOLAR, 2010)

1. Onda Quadrada: são os mais baratos e econômicos, geram pulsos alternados, mas são pouco recomendados. Usados apenas para pequenas aplicações.
2. Inversores de onda senoidal modificada: Muito utilizado, recomendado para pequenas instalações. Possui uma onda entre a senoidal pura e a quadrada.
3. Inversores de onda senoidal pura: Tem sido cada vez mais utilizado por ter preço parecido com os de onda senoidal modificada, pode ser ligado a qualquer aparelho. E possui um tipo de onda senoidal quase pura.
4. Inversores para conexão à rede (Grid-Tie): Necessário se o sistema for interligado à rede. Além de produzir uma onda senoidal quase pura, alinha a frequência com a frequência da rede elétrica.
5. Microinversores para conexão à rede (Grid-Tie): Cada vez mais utilizado, por ser de mais fácil instalação, ligado a cada placa individualmente, além de ter uma maior durabilidade.
6. Inversor/Carregador: Além de agir como um inversor é capaz de agir carregando uma bateria ligada à uma fonte de CC, isso permite reduzir a quantidade de baterias necessárias no bloco de armazenamento.

Os controladores de carga são ligados ao bloco de armazenamento e controla a carga e a descarga das baterias, aumentando assim a vida útil das mesmas. Se a bateria descarrega rapidamente em longos períodos sem insolação o controlador impede que a

bateria se descarregue completamente, já em períodos de grande insolação, o controlador impede a carga excessiva. Os controladores de carga podem ser divididos em três grandes grupos principais: (JOSÉ DA SILVA JUNIOR, 2008)

1. Reguladores Série: Incorporam um interruptor entre o gerador e o acumulador, para interromper o fluxo e energia para a carga.
2. Reguladores *Shunt* (derivação): O interruptor curta-circuita o gerador solar em fim de carga.
3. Reguladores de ponto de potência máxima (MPPT): Utilizam um circuito eletrônico que sempre tende a captar a potência máxima.

3.4.3 Bloco armazenador

O bloco armazenador é composto por baterias que armazenam a energia produzida para ser utilizada em períodos de mau tempo ou durante a noite. Existem vários tipo de bateria, cada uma adequada a situações específicas, dentre elas temos: (ECYCLE, 2014)

1. Baterias de Chumbo-Ácido: São as mais utilizadas para sistemas fotovoltaicos devido à grande variedade de tamanhos, baixo custo e bom desempenho. As mais comuns são: Chumbo-Antimônio, Chumbo-Selênio e Chumbo-Cálcio.
2. Baterias de Chumbo-Ácido com eletrólito captativo: Também chamadas de baterias de chumbo-ácido com válvula reguladora. São de fácil transporte e podem ser instaladas em locais isolados. O ponto fraco é a excessiva sobrecarga e a perda do eletrólito , que é acelerado para clima quentes.
3. Baterias de Níquel-Cádmio: São utilizadas em sistemas fotovoltaicos isolados devido ao seu longo tempo de vida, pequena manutenção, sobrevivência a excessivas sobre-cargas, excelente capacidade de retenção a baixas temperaturas e não necessidade de ter uma tensão de regulação de carga. As desvantagens são o grande custo e a necessidade de aplicação específica.

3.4.4 Configurações de sistemas fotovoltaicos

Já em relação à configuração de um sistema fotovoltaico temos três tipos:

1. Sistema Isolado: Também chamado de off-grid, se caracteriza por não se conectar à rede elétrica. É construído com lugar e propósito específico abastecendo diretamente o aparelho a ser utilizado. Um exemplo de sistema isolado é a iluminação pública. (NEOSOLAR, 2011)

2. Sistema Híbrido: Consiste de duas ou mais fontes de energia renováveis utilizadas em conjunto para proporcionar uma maior eficiência no sistema, bem como um maior equilíbrio no fornecimento de energia. Um exemplo é a utilização de energia fotovoltaica e eólica em um mesmo sistema. (ECOPLANETENERGY, 2012)

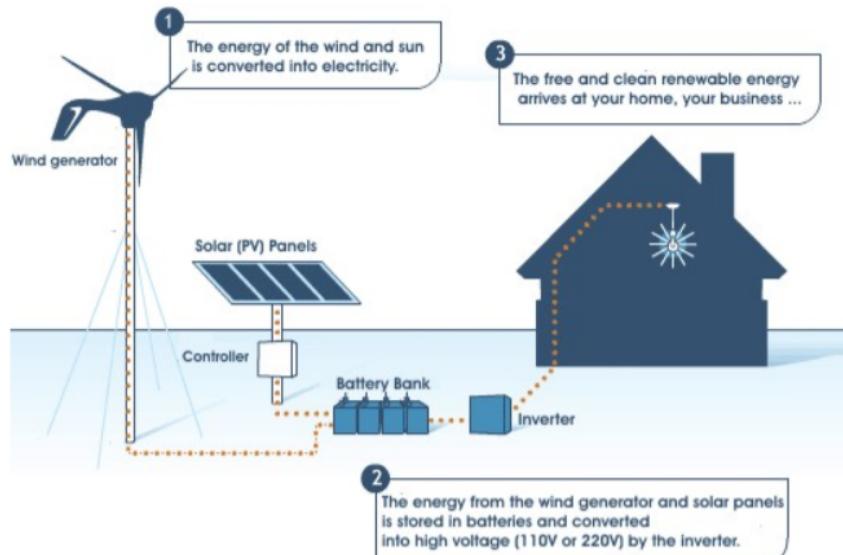


Figura 7 – Esquema de energia híbrida (Fotovoltaica e Eólica)

3. Sistema conectado à rede: Também chamado de On-Grid, o sistema é interligado à rede comum de distribuição de energia, assim não é necessário um sistema de armazenamento. Durante o período de pouca insolação ou durante à noite, a energia utilizada para abastecer o local passa a ser da rede comum. Já se a produção da energia solar excede à consumida, essa energia passa para a rede compartilhada e produz uma diminuição no consumo de energia. (SOLAR BRASIL, 2012)



Figura 8 – Representação esquemática do sistema On-Grid. Cores Fantasia

3.5 Incidência solar na FGA

Além das condições atmosféricas, a disponibilidade de radiação solar, ou energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e do ano).

Segundo dados do ATLAS de Irradiação Solar no Brasil, de 1998 (imagem abaixo), Brasília é uma região que recebe aproximadamente de 5700 a 5900 Wh por m^2 todos os dias , o que representa uma alta quantidade de energia solar recebida também na região onde se concentra a Faculdade UnB Gama.

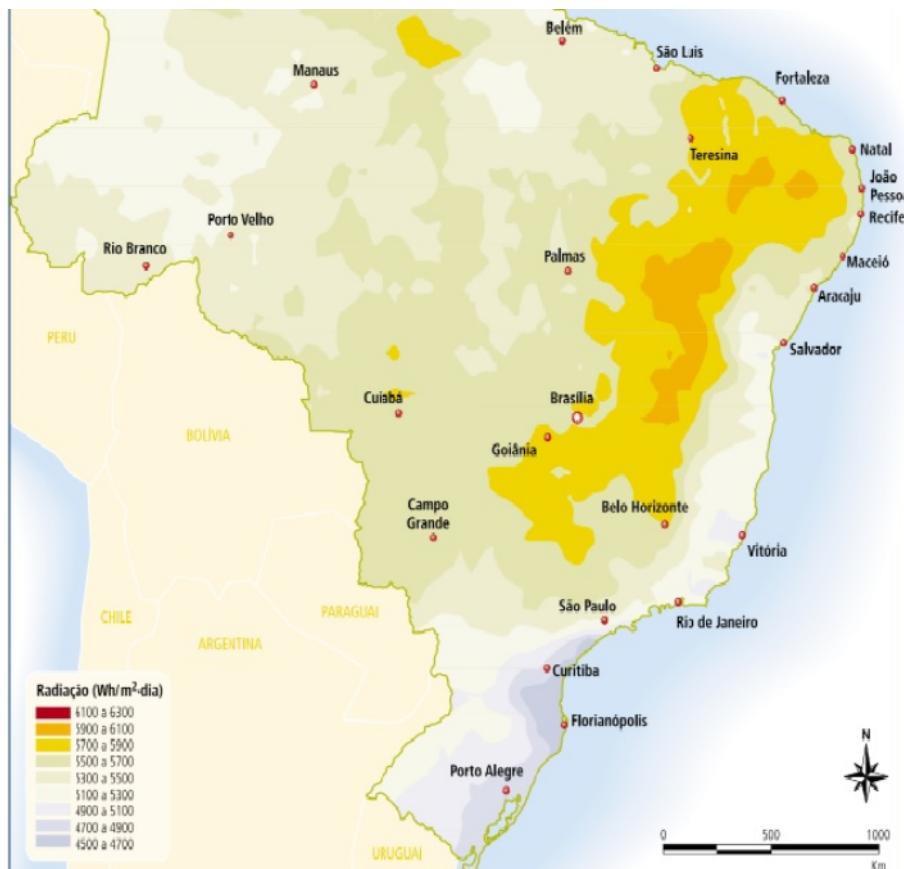


Figura 9 – Irradiação Solar no Brasil

Outro dado importante diagnosticado pelo ATLAS Solarimétrico do Brasil, Brasília recebe em média anualmente 6 horas de insolação por dia.

Para tornar máximo o aproveitamento da radiação solar, o sistema solar fotovoltaico pode ser instalado com uma angulação específica para a localidade, que depende da latitude do local e do período do ano que se deseja obter mais energia. Como poderemos ver no gráfico de irradiação solar da UnB campus Gama:

Neste gráfico está contido valores de radiação solar que será absorvido ($KWh/m^2\cdot dia$) ao longo dos meses a partir do SunData do CRESESB, no qual já pode ser verificado a melhor angulação a serem colocadas as placas conforme a coordenada do campus. Verifica-

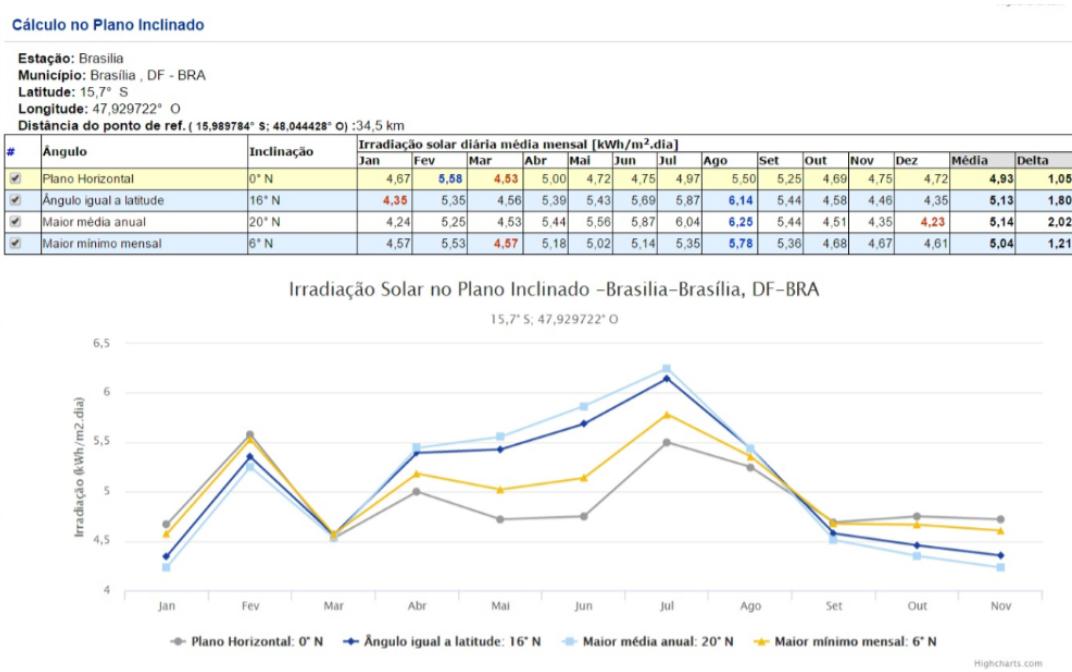


Figura 10 – Gráfico de irradiação solar da UnB campus Gama

se a partir deste gráfico que a angulação de 20° é a melhor, pois possui um delta total (diferença da maior irradiação para a menor irradiação) e média anual de irradiação maior que as demais angulações. A aplicação que será feita está de forma detalhada no desenho.

3.6 Manutenção das placas

A manutenção das placas se dará de forma simples e manual, visto que a poeira do local de instalação das placas é considerada bastante acentuada e que, se essa poeira revestir os painéis fotovoltaicos, o rendimento na geração de energia será muito baixo ou quase nenhum. Essa limpeza acontecerá de acordo com a quantidade de poeira existente nas placas e a diminuição de rendimento. Ter-se-á todo controle de rendimento e quando este diminuir a limpeza será feita.

Inicialmente, os funcionários da limpeza poderão lavar as placas com água e sabão neutro. Posteriormente, e se houver iniciativa de alunos e professores do curso de energia, alunos participantes de projeto poderão fazer a limpeza das placas, visto que, de acordo com alguns estudantes, não se tem muita prática nas aulas de fontes de energia, além da facilidade de se fazer tal limpeza. Essa iniciativa poderia ajudar alunos que se interessam na área de energia fotovoltaica a medir eficiência na prática e ajudar na manutenção dessas placas.

Tabela 2 – Quantidades necessárias e menores valores encontrados

Componente	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Painel Fotovoltaico	620	R\$ 849,00	R\$ 526.380,00
Inversor	29	R\$ 14.190,00	R\$ 411.510,00
Fiação para sistemas fotovoltaicos	600	R\$ 4,69	R\$ 2.814,00
Suporte de angulação	620	R\$ 110,00	R\$ 68.200,00
Presilhas para módulos (placas)	2480	R\$ 2,80	R\$ 6.944,00
Quadros e disjuntores	62	R\$ 1.290,00	R\$ 72.980,00

3.7 Especificações e preços

Após as várias pesquisas que foram realizados e levantamento de orçamentos a equipe foi capaz de determinar quais são as melhores opções para esse tipo de projeto, a ser realizado. Os materiais e quantidades foram detalhados e orçados em sites de compras On-line, uma vez que analisados os preços das lojas locais de encontrou uma disparidade de preços muito grande e as mesmas não possuem grandes quantidades desses tipos de produtos em estoque.

Para a escolha das marcas, foi feito um levantamento sobre o que é necessário, de acordo com as especificações técnicas, e separado em uma tabela (Tabela X) com o intuito de organização.

3.7.1 Módulos fotovoltaicos

Após a análise mais detalhada dos tipos de placas fotovoltaicas existentes, chegou-se a um consenso de que as placas Policristalinas, placas que contém um “compensado” de silício, seria a melhor opção para esse investimento. A marca Canadian se mostra uma das empresas mais promissoras no mercado e teve o melhor custo benefício.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PAINEL DE 265 Wp DE ENERGIA SOLAR

- Máxima Potência (Pm): 265 Watts
- Tolerância: 0/5 Watts
- Voltagem de Máxima Potência (Vm) : 30,6 Volts
- Corrente de Máxima Potência (Im): 8,66 Amps
- Voltagem de Circuito Aberto (Voc): 37,7 Volts
- Corrente de Curto-Circuito (Isc): 9,23 Amps
- Voltagem Máxima do Sistema: 1000 Volts
- Eficiência do Painel: 16,47%



Figura 11 – Painel Fotovoltaico Canadian 265W

- Coeficiente de Temperatura da Potência(Pm): $-0,41\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Coeficiente de Temperatura da Corrente(Isc): $0,053\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Coeficiente de Temperatura da Voltagem(Voc): $-0,31\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura Nominal de Operação de Célula (TNOC/NOCT): $45\text{ }^{\circ}\text{C}$

ESPECIFICAÇÕES MEC NICAS DO PAINEL SOLAR:

- Dimensões do painel: (1638 x 982 x 40) mm
- Código IP da caixa de junção: IP 67, 3 diodos
- Número de células e tipo: 60, Silício Policristalino
- Peso do módulo: 18,0 kg
- Vidro, tipo e espessura: vidro temperado de alta transmissividade, liga de alumínio anodizado, vidro temperado 3,2mm



Figura 12 – Inversor Fronius Primo 8.2-1 (8.200W)

3.7.2 Inversor

Entrada:

- Voltagem máxima de entrada: 1000Vcc
- Faixa de Voltagem do MPP: (270Vcc a 800Vcc)
- Voltagem mínima de entrada: 80Vcc
- Voltagem para inicialização: 80Vcc
- Corrente máxima de entrada: 18A / 18A

Saída:

- Potência nominal de saída: 6000W
- Voltagem de saída (faixa): 180Vca a 270Vca
- Frequência de saída: 60Hz
- Corrente máxima de saída: 35,7A

Outras características:

- Eficiência Máxima: 98,1%
- Consumo interno (noite): <1W
- Temperatura de Operação: -40 °C a +55 °C
- Frequência de saída: 60Hz
- Fabricante: Fronius

Especificações Mecânicas:

- Dimensões (L x A x P)mm: (645 x 431 x 204)
- Peso: 21,5 kg

3.7.3 Fiação elétrica



Figura 13 – Cabo Solar Prysmian Afumex 4 mm² 1kV

- Temperatura máxima do condutor: +120 °C
- Resistência aos raios UV 720h
- Performance contra fogo: Não propagante à chama, conforme EN 60332-1-2
- Emissão de gases Halogênicos: EN50525-1
- Bitola: 4mm²
- Material: Cobre estanhado
- Diâmetro externo: 5,9mm
- Peso: 61kg/km
- Corrente: 48 – 53 Variando com a temperatura
- Cor: vermelho
- Número de condutores: 1

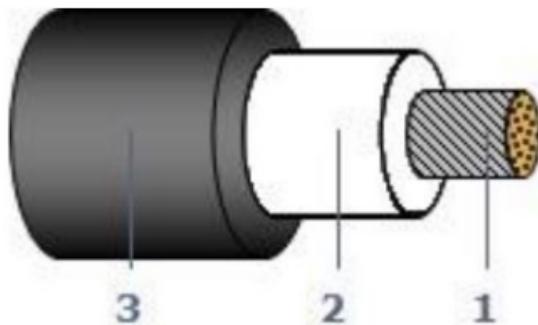


Figura 14 – Composição interna do cabo solar

- R_{cc} máx a 20 °C: 5,09 ohm/km

Composição básica do cabo:

- Fio de Cobre estanhado, flexível
Enquadrado: Classe 5 - ABNT NBR-NM 280
- Composto Termofixo HEPR 120 °C - EN 50618 - 0,7mm
- Composto Termofixo XLPE 120 °C
Enquadrado: EN 50618
Resistente aos Raios Ultravioletas (UV) - 0,8mm

3.7.4 Suporte de angulação ajustável



Figura 15 – Suporte de angulação ajustável de 15,° e 20 °

Confeccionado em alumínio, é utilizado em casos onde os módulos precisam ser montados em uma angulação maior que a do telhado. Ele é adaptável a qualquer tipo

de telhado, pois pode ser usado em conjunto com os demais suportes para telhados, e também pode ser usado em terraços ou coberturas planas.

Na base inferior não há furação, pois é necessário saber a posição para furar o suporte no local certo do telhado. Na parte superior existem furações para fixar os perfis de alumínio, que serão os suportes dos módulos fotovoltaicos.

3.7.5 Presilhas para módulos fotovoltaicos



Figura 16 – Presilha Lateral para Módulos Fotovoltaicos - Aba 40mm (Para Parafusos M8)

São utilizadas para fixar as módulos (placas) fotovoltaicas com aba de espessura de 40mm na estrutura. As presilhas laterais são montadas nas extremidades dos módulos fotovoltaicos, e são anodizadas com uma camada classe A23, segundo a norma NBR 12609.

3.7.6 String Box (quadro elétrico fotovoltaico)



Figura 17 – Stringbox

Componentes

- par de porta-fusível com 1 par de fusíveis 10A
- chave seccionadora corrente contínua
- DPS corrente contínua para pólos positivos e negativos
- caixa elétrica IP40
- prensa cabos, já instalados na parte interna da caixa

3.8 Geração de energia

O prédio do Restaurante Universitário disponibilizará de vinte painéis fotovoltaicos dispostos em duas strings (em série) e uma string em paralelo, será necessário para esse arranjo um inversor. A capacidade de geração de energia desse conjunto vai ser de 5,3 kWh.

No UED serão instaladas duzentas e cinquenta placas com capacidade de geração de 66,250 kWh. Com vinte e cinco strings, dez strings em paralelo e necessitando de dez inversores.

O UAC será o prédio com a maior geração de energia, uma vez que nele serão instaladas trezentas e cinquenta placas dispostas em trinta e cinco strings, dezoito strings em paralelo com dezoito inversores. A energia gerada pelos painéis será de 92,750 kWh.

Esse sistema se mostrou bastante eficiente, com uma capacidade geradora de energia de 164,3 kWh por mês. Combinado com o sistema de automação Smart Grid e a outra fonte de energia – o biogás produzido a partir do biodigestor – será possível reduzir os custos do consumo de energia demandando pela faculdade.

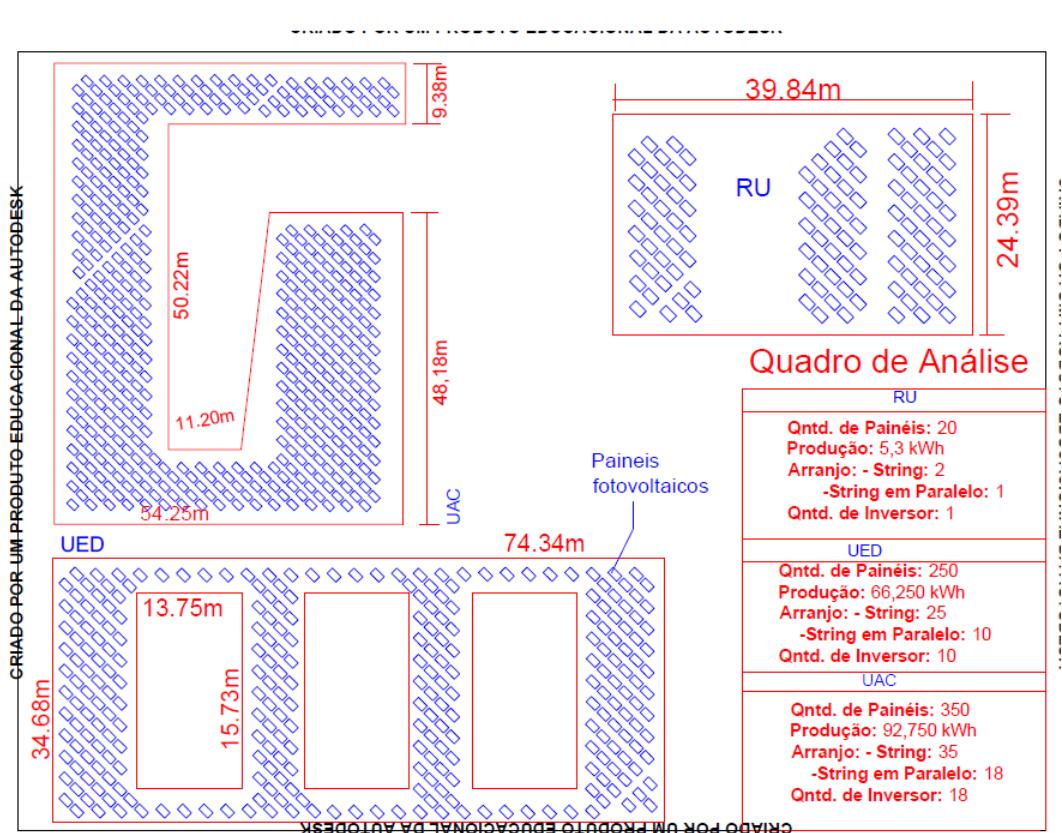


Figura 18 – Disposição dos painéis

Parte IV

Smart Grid

4 Smart Grid

4.1 Introdução

4.1.1 Resumo

Smart Grid (Rede inteligente) é um sistema de controle inteligente da energia elétrica, que é utilizado em um determinado local, com o objetivo principal de otimizar o consumo de energia elétrica e promover o controle por meio de ações inteligentes. Essa otimização da rede pode se dar pela utilização da rede já presente, promovendo apenas automações e controles, ou pela utilização de uma geração distribuída de energia com a adição de fontes renováveis aliadas à automação e controle. Busca-se, com o uso dessas tecnologias, proporcionar um uso eficiente, sustentável e racional dos recursos energéticos, podendo trazer benefícios financeiros ou não.

Esses sistemas permitem a implementação de duas formas principais de geração distribuída: *On grid* e *Off Grid*. Os sistemas On grid são ligados à rede elétrica e a energia gerada é armazenada na rede de distribuição. A economia de eletricidade se dá por meio de descontos na fatura de energia elétrica ou pela compensação. Caso a eletricidade gerada não for o suficiente, a rede elétrica externa compensa o consumo excedente. O sistema Off Grid, ou sistema isolado, não é conectado à rede elétrica externa, sendo utilizável para uso local e isolado de rede elétrica, abastecendo diretamente os aparelhos que utilizarão a energia. Além disso, sistemas Off Grid necessitam de unidades de armazenamento local, tais como baterias, visto que a variação na fonte geradora não pode causar alterações na corrente elétrica local.

As tecnologias que compõem um sistema Smart Grid possuem complexidade elevada e um alto nível de integração entre seus diversos componentes, que podem ser divididos em quatro importantes setores que se interagem. São eles: o sensoriamento e controle, transmissão de dados, automatização e TI e a análise avançada dos dados. Eles estão intimamente ligados em todas as aplicações no sistema e procuram encontrar formas mais efetivas para evoluir continuamente o sistema, não ficando presos às primeiras modificações. O sistema inteligente é monitorado em todas as suas fases, permitindo um maior controle sobre o sistema e podendo ser identificado à pronta mão, onde estão os maiores problemas e riscos ao sistema, dando uma maior segurança aos usuários.

4.1.2 Sensoriamento e controle

Sensores e transdutores podem ser caracterizados como todo e qualquer dispositivo capaz de analisar grandezas físicas e convertê-las em um indicativo visível ou em grandezas mensuráveis de tensão e corrente, no caso de transdutores. Portanto, os sensores e transdutores são dispositivos muito utilizados em circuitos eletroeletrônicos para o monitoramento, transmissão de dados, automação e controle de ações a partir de condições físicas externas ou internas a esses sistemas, tais como tensão, corrente elétrica, potência, temperatura, pressão, radiações eletromagnéticas, temperatura, dentre outros (SVOBODA; DORF, 2008).

Diversos sensores são utilizados para o monitoramento e controle. Os sensores de linha, que analisam características elétricas da rede elétrica (tensão, corrente, defasagem, potência), são utilizados na construção de medidores inteligentes. **Sensores de temperatura** e piranômetros, que medem a irradiação solar e sensações térmicas, são sensores geralmente utilizados para realizar análises gráficas quanto às condições ambientais externas e internas do sistema, os quais podem ser guardados em bancos de dados.

Dentre os sensores a serem utilizados na automação interna de sistemas Smart Grids destacam-se os sensores de luminosidade, sensores infravermelho e sensores de presença, que serão descritos posteriormente.

Além desses tipos de sensores, vale ressaltar os **sensores de comunicação** e transmissão de dados, que constituem-se de sensores fotoelétricos, infravermelhos ou por meio de sensores ultrassonoros.

4.1.3 Análise avançada de dados

Aplicações avançadas que permitem aos operadores, projetistas de redes e executivos analisarem e extraírem informações úteis da rede de forma funcional e flexível. Aqui se incluem as técnicas de visualização de grande quantidade de dados, os quais são reduzidos a formatos visuais de fácil entendimento, softwares capazes de oferecer múltiplas opções para o operador da rede tomar uma ação quando requerida e simuladores para treinamento operacional e análises de casos.

Consiste, portanto, em uma solução de software avançada que controla e armazena dados referentes aos sensores de controle, tais como os de temperatura e de linha. Para essa análise a recepção de dados é feita a partir de hardwares, por meio da comunicação sem fio ou serial por meio de processadores ou microcontroladores embarcados.

4.1.4 Automação e TI

Dentro de uma estrutura Smart Grid, os componentes de automação e TI (tecnologias da informação) permitem diagnósticos rápidos e soluções precisas para interrupções na rede ou grandes desligamentos. Essas tecnologias baseiam-se e contribuem para as demais partes, tais como sensores, comunicação, análise de dados e fontes de energia. Sistemas nessa área incluem agentes inteligentes distribuídos, algoritmos e supercomputadores, sistemas SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition, automação de subestações e resposta da demanda (TOMASIN et al., 2014).

Sistemas SCADA constituem-se de soluções de software voltadas para a análise e exibição de dados por meio de uma interface de comunicação com o usuário em tempo real, o que permite a configuração e ajuste para resolução de problemas de forma visual e o monitoramento de processos. Tal solução baseia-se na tecnologia da informação, muitas vezes associado também à *internet das coisas* (IoT). Possui uma vida útil finita, visto que a tecnologia de informação evolui de forma rápida, tornando o software defasado em alguns anos, tornando um desafio a aplicação dessa tecnologia em projetos de longa vida útil (GALLOWAY; HANCKE, 2013).

A aplicação de agentes inteligentes em ambientes Smart Grid é comum, principalmente na medição do consumo de energia. Nessa vertente, existem dois conceitos ligados ao desenvolvimento de medidores inteligentes: AMR (Automated Meter Reading) e AMI (Advanced Metering Infrastructure).

AMR é um sistema de medidores inteligentes que transfere os dados armazenados pelos medidores eletrônicos de forma automatizada quando integrado a um sistema de processamento de dados. Ou seja, não se faz necessária a presença humana para a leitura da medição. AMI é uma evolução do AMR, pois além de prover os dados obtidos na medição, esse sistema também faz a análise da demanda. Esse processo requer um processamento de dados mais sofisticado, visto que a atuação é direta nas instalações do consumidor, permitindo o planejamento mensal de consumo (KUP, 2015).

4.1.5 Transmissão de dados

Dentro de um sistema, é essencial que todos os componentes se comuniquem de forma adequada para que tudo funcione corretamente. Para definir a melhor forma de se transmitir os dados, podemos analisar a distância física que eles precisam percorrer e a quantidade de bits por segundo que se deseja transmitir. A comunicação entre os componentes envolve também alguns aspectos minuciosos como os protocolos, que consistem em um conjunto de regras no processo de interpretação e transmissão de dados de um componente. Dependendo dos sensores escolhidos, por exemplo, pode não ser tão simples elaborar essa linha de transmissão de forma efetiva. Será visto mais a frente que uma

alternativa é utilizar um sistema já existente no mercado com suporte para diferentes tipos de componentes.

4.2 Desenvolvimento

Descritas as ferramentas utilizadas em soluções Smart Grids, propõe-se a integração das fontes renováveis, a automação das redes e processos, comunicação, controle e sensoriamento a partir da comparação de sistemas, de modo com que haja interconexão entre as diferentes vertentes. Para tanto, a seguir serão comparadas características de operações, compatibilidade com o restante do projeto e adaptabilidade ao local de instalação (FGA).

4.2.1 Sensores de temperatura

A utilização dos sensores de temperatura será baseada no monitoramento de ambientes e para automação interna (acionamento de exaustores/ventiladores) e no monitoramento de sobreaquecimento de equipamentos e condutores. Dentre os sensores térmicos existentes, diferenciam-se no funcionamento os termistores, termopares, termorresistores, eletrônicos e pirômetros. Termistores são compostos por dispositivos que variam a resistência elétrica em função da temperatura, que pode ser inversamente proporcional a ela (NTC) ou diretamente proporcional (PTC). Termopares consistem de uma junção de dois materiais de condutividades elétricas distintas pela qual irá passar uma corrente que provocará uma queda de tensão proporcional à temperatura de sua superfície. PT RTD são sensores cuja variação na resistência se dá por meio da dilatação do material, que é proporcional ao aumento de temperatura. Termosensores de circuitos integrados constituem de sensores compostos por diversos componentes de modo que a sua saída não necessita de muitos hardwares para o condicionamento do sinal ([THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005](#)).

A tabela abaixo ilustra os diferentes tipos de sensores e suas características de funcionamento.

Dentre os sensores listados na Figura 19, conclui-se que os termistores serão utilizados para o gerenciamento de sobreaquecimentos, visto que a sua faixa de temperatura de trabalho não ultrapassa os limites do projeto e visto que a precisão de temperatura adquirida, que é um aspecto relevante no monitoramento de temperatura, é melhor em comparação com outros tipos de sensores.

Tipo de Sensor	PT RTD	Termistor (NTC)	Termopar	Circuito integrado(LM35)
Material do elemento sensor	Platina	Semicondutor cerâmico	Junção de dois metais	Semicondutor de silício
Princípio de Funcionamento	Variação da resistência Ôhmica	Variação da resistência Ôhmica	Junta quente (FEM - Força Eletromotriz)	Variação proporcional da tensão e corrente com a junção de componentes e sensor
Custo do sensor	Moderado a baixo	Moderado a baixo	Baixo	Alto
Custo do hardware	Moderado	Moderado a baixo	Alto	Baixo
Faixa de Temperatura	-200°C até +1000°C (660°C max. tip.)	-100°C até +300°C, tipos especiais até +500 °C (125°C max.tip.)	-270°C até +1800°C, dependendo do tipo.	-55°C até +155°C
Valores Fundamentais	50 a 10.000W	1KW a 1MW	10 mV @ 25 °C	250mV @ 25 °C
Precisão	0,03°C	Típica ± 1% em resistência	Para classe 2 dependendo do tipo ± 2.5°C ou 0.0075 t	Típica ± 5%, melhor precisão em resistência ± 0,5%
Intercambiabilidade	±0.06%, ±0.2°C	±10%, ±2°C tip.	±0.5%, ±2°C	±1%, ±3°C
Estabilidade	Excelente	Moderada	Baixa	Moderada
Sensibilidade	0.39% /°C	-4% /°C	40mV / °C	10mV / °C
Linearidade	Excelente	baixa (logarítmica)	Moderada	Moderada
Coeficiente (α)	Positivo	Negativo	Positivo	Positivo
Sensibilidade a Ruídos	Muito Baixa	Baixa	Alta	Baixa
Requisitos Especiais	-	Linearização	Junta de Referência	-

Figura 19 – Tabela ilustrativa de sensores térmicos

4.2.2 Sensores de presença

Quanto ao projeto de Smart Grid, os sensores de presença serão fundamentais na diminuição do consumo de energia elétrica na Universidade no que diz respeito à automação interna dos prédios e salas. Propõe-se a automação de banheiros, pois as luzes ficam acesas em determinados momentos em que não há ninguém presente no local e em salas de aula, pelo mesmo motivo. Esses sensores têm como objetivo a automação interna de ambientes com alto fluxo de pessoas, onde funcionam tanto para o monitoramento ou quanto para o acionamento de lâmpadas/exaustores com a entrada ou saída de pessoas. Dentre os tipos de sensores de presença, destacam-se os modelos de parede, embutidos e os de teto. Na figura 20 é possível observar as diferenças e semelhanças entre os modelos.

O sensor a ser utilizado no projeto será o modelo SLEP/ST-39, pois é o que utiliza um menor consumo de energia elétrica dentre os sensores de presenças comerciais listados acima. Como os ambientes em que vão ser utilizados os sensores são no geral salas com uma área relativamente pequena, o alcance deste sensor é o suficiente para esse projeto.



MODELO	SLEP/ST-39	SLMP-04	SLEI-03	SLEI-02	SLET	SLMT-04
APLICAÇÃO	PAREDE	PAREDE	EMBUTIR	EMBUTIR	TETO	TETO
TENSÃO	127/220VCA	127/220VCA	127/220VCA	127/220VCA	127/220VCA	127/220VCA
BIVOLT	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
CONSUMO	30,00mA	32,50mA	30,00mA	15,00mA	30,00mA	32,50mA
POTÊNCIA MAX.	600W	600W	600W	300W	600W	600W
	127VCA 3 FIOS	3 FIOS	3 FIOS	2 FIOS	3 FIOS	3 FIOS
	220VCA 3 FIOS	1100W	1100W	600W	1100W	1100W
LÂMPADA	QUALQUER TIPO*	QUALQUER TIPO*	QUALQUER TIPO*	INCANDESCENTES**	QUALQUER TIPO*	QUALQUER TIPO*
FUSÍVEL	5A	5A	5A	3A	5A	5A
TEMPERATURA	-10 a +44°C	-10 a +44°C	-10 a +44°C	-10 a +44°C	-10 a +44°C	-10 a +44°C
AJUSTE DE TEMPO	JUMPER 10s, 1, 5, 10min. 20min.	JUMPER 10s, 1, 3, 5, 7, 10 20min.	JUMPER 10s, 1, 5, 10min.	JUMPER 10s, 1, 5, 10min.	JUMPER 10s, 1, 5, 10min.	JUMPER 10s, 1, 3, 5, 7, 10 20min.
AJUSTE DE FOTOCÉLULA	JUMPER LIGADA/DESLIGADA	JUMPER LIGADA/DESLIGADA	JUMPER LIGADA/DESLIGADA	JUMPER LIGADA/DESLIGADA	JUMPER LIGADA/DESLIGADA	JUMPER LIGADA/DESLIGADA
LED INDICADOR	SIM	SIM	SIM	NAO	SIM	SIM
ALCANCE MAX.	12,00m (25°C)	15,00m (25°C)	6,00m (25°C)	6,00m (25°C)	DIÂM. 6,00m (25°C)	DIÂM. 6,00m (25°C)
ÂNGULO	110°	110°	120°	120°	360°	360°
DIRECIONÁVEL	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM
AMBIENTE	INTERNO	INTERNO	INTERNO	INTERNO	INTERNO	INTERNO
GRAU PROTEÇÃO	—	—	—	—	—	—
GARANTIA	1 ANO	2 ANOS	1 ANO	1 ANO	1 ANO	2 ANOS
DIMENSÕES	56 x 89 x 81	56 x 89 x 81	80 x 120 x 48	80 x 120 x 48	92 x 40	107 x 85
L x C x P (mm)						
PESO (gr)	115,00	120,00	115,00	95,00	115,00	115,00

Figura 20 – Quadro comparativo dos modelos de sensores de presença

4.2.3 Sensores de comunicação

Sensores de comunicação infravermelho são componentes que se baseiam na emissão e recepção de ondas eletromagnéticas. No Conceito de Smart Grid, sensores infravermelhos e ultrassonoros podem ser utilizados como meios de transmissão de dados a distâncias curtas, porém sensores ultrassonoros possuem distâncias limitadas e são destinados apenas para aplicações de detecção de passagem. A transmissão de dados por meio de sensores infravermelhos se dá de forma serial e depende do protocolo de comunicação desses sensores com os respectivos emissores.

Dentre os sensores infravermelhos utilizados em comunicação e transmissão de dados, destacam-se os sensores PIN e os sensores AFD. Sensores PIN são sensores receptores fotossintéticos que tem a vantagem de se adaptar melhor às condições climáticas e ter uma vida útil maior, além de possuir um menor custo. Sensores AFD ou APD são sensores receptores fotossintéticos que fornecem uma melhor adaptação quanto ao ruído, mesmo que o seu custo de produção seja maior (PINHEIRO, 2002).

Diferenças entre os fotodiodos PIN e AFD:

Além das características técnicas referentes aos dois tipos de sensores presentes na Figura 21, sensores APD possuem as desvantagens de possuírem desempenho limitado por ruídos quânticos, a complexidade da estrutura, sensibilidade elevada quanto à variações de temperatura e uma menor fiabilidade.(ISCTE, Fotodetectores).

Além de fotodetectores tais como PIN e APD, em uma comunicação de dados

Características	PIN	AFD
Sensibilidade	menor	Muito maior
Linearidade	maior	menor
Relação Sinal/Ruído	pior	melhor
Custo	baixo	alto
Vida Útil	maior	menor
Tempo de Resposta	maior	menor
Círcuito de polarização	simples	complexo

Figura 21 – Quadro comparativo entre sensores receptores fotossintéticos

infravermelhos, necessitam-se de emissores de radiação infravermelha. Dentre os principais tipos de emissores infravermelhos, caracterizam-se os LEDs infravermelhos (Light Emitting Diodes) e LDs (Lases Diodes) ([PINHEIRO, 2002](#)).

As principais diferenças são expostas no quadro presente na Figura 22.

Características	Diodo LASER	LED
Potencia Óptica	Alta	baixa
Custo	alto	baixo
Utilização	complexa	Simples
Largura do espectro	estreita	Larga
Tempo de vida	menor	Maior
Velocidade	rápido	Lento
Divergência na emissão	menor	Maior
Acoplamento na fibra monomodal	melhor	Pior
Sensibilidade à temperatura	maior	menor

Figura 22 – Quadro comparativo entre sensores receptores fotossintéticos

Para fins de comunicação de distâncias médias de até 200m, e pela velocidade de resposta, a aplicação de diodos laser são mais eficientes e melhor adaptáveis para elementos de comunicação de dados devido também pela potência óptica associada a esses emissores.

A associação de elementos de emissão e recepção dos elementos tais quais descritos acima, referentes a radiações infravermelhas, é possível formar conjuntos de comunicação infravermelha. Para a comunicação entre prédios de dados referentes à análise de dados e controle, existem conjuntos de comunicação que atendem tanto os requisitos de emissão quanto os de recepção de dados. Conjuntos propostos pela Leuze Eletronic possuem comunicação serial, fotodetectores baseados em AFD e PIN e emissão por LDs. Dentre eles, destacam-se as séries DDLS 500 E DDLS200.

DDLS 500 São dispositivos de transmissão de dados em tempo real e a distâncias médias. Permitem a tele-manutenção e a integração de redes PROFINET. Suas principais características são:

- Taxa de transmissão: 100Mbit/s;
- Interfaces de comunicação: Ethernet, PROFINET, EtherCat;
- Possibilidades de tele-manutenção por rede.

DDLS 200 São séries cujo foco é na eliminação de interferências, podendo operar a temperaturas altas e distâncias relativamente elevadas, cerca de 500m. Suas características principais são:

- Taxas de transferências : 2Mbit/s;
- Interfaces de repeater integrada;
- Elevada imunidade à luz ambiente;
- Comunicação via PROFIBUS, interbus e CAN/DeviceNet.

Se levar em consideração que a distâncias entre prédios no estabelecimento a ser instalado não ultrapassariam 500m, além da não necessidade de velocidades rápidas de transmissão e, devido ao fato dos conjuntos DDLS 200 apresentarem características de resistências a temperatura e de luminosidade altas, que são fatores determinantes nos locais de instalações, foram escolhidos os modelos da série DDLS 200.

4.2.4 Medidores Inteligentes

Para a automatização do sistema Smart Grid a ser implementado na Faculdade Gama da Universidade de Brasília serão instalados medidores de energia inteligentes. Este novo conceito traz grandes vantagens que excedem as funcionalidades básicas dos medidores eletromecânicos ou eletrônicos convencionais e respondem às necessidades de melhoria de gestão e eficiência da medição, como detecção de fraude, corte e religamento remoto, comunicação bidirecional e medição à distância.

Em todos os prédios (UAC, UED E MESP) serão instalados medidores inteligentes por meio dos quais será possível monitorar a quantidade de energia elétrica que cada sistema produzir e, posteriormente, analisar os resultados obtidos por meio do compartilhamento dos dados. Segue o quadro comparativo entre dois possíveis modelos de medidores a serem utilizados:

O medidor SMW 300 possui uma gama maior de funcionalidades, e por isso será o modelo escolhido para o projeto. Tal equipamento é trifásico, ideal para a rede da FGA, e possui as seguintes características (Manual do Usuário - SMW):

- Flexibilidade para mudança de tarifa convencional para tarifa branca com diferenciação tarifária;

Modelo	Empresa fornecedora	Corrente	Tensão	Registros instantâneos
SMW 300	WEG	15 (120) A	120/240 V	<ul style="list-style-type: none"> • Potência ativa, reativa e aparente nos sentidos direto e reverso • Corrente por fase • Tensão por fase • Fator de potência trifásico e por fase • Defasagem angular entre as tensões • Frequência da rede • Temperatura • Condição da bateria
MD3400	Ecil Energia	15 (120) A	120/240 V	<ul style="list-style-type: none"> • Medição de corrente de neutro • Medição de energia ativa e reativa • Medição de temperatura interna

Figura 23 – Quadro de medidores inteligentes

- Flexibilidade para mudança da comunicação (meio físico e protocolo);
- Relé de corte e religa integrado;
- Relógio de tempo real alimentado por bateria e supercapacitor, com monitoramento individual;
- Memória de massa integrada para registro de até 37 dias de informações;
- Flexibilidade de configuração dos dados a serem enviados via comunicação e apresentados no display;
- Mecanismos de segurança para garantia de sigilo e integridade, baseado na autenticação e criptografia de dados;
- Atualização local ou remota do firmware da metrologia ou comunicação, com implementação de segurança contra acesso mal intencionado.



Figura 24 – Linha de medidores inteligentes SMW

4.2.5 Automação dos componentes do Biogás

Como explicado na parte de biogás, para a conversão do gás produzido para energia elétrica será necessário a utilização de um motor Ciclo de Otto, um alternador síncrono, em que o mesmo converte a energia mecânica em energia elétrica, um quadro de transferência automática para sincronização e um medidor de energia elétrica, porém, como medida simplificadora vamos utilizar um grupo gerador, em que este, tem a finalidade de unir o motor Ciclo de Otto e o alternador em apenas um equipamento, formando o seguinte esquema:

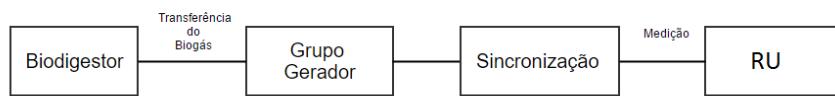


Figura 25 – Fluxograma ordem de funcionamento

Para se determinar um grupo gerador eficiente, primeiramente, precisamos calcular a quantidade de biogás que poderá ser gerado considerando apenas a utilização dos 240 kg de lixo orgânicos produzidos diariamente. O processo de decomposição de lixo orgânico dura aproximadamente 3 meses, com isso após o processo de deposição contínua e decomposição, podemos estimar que após 3 meses teremos 12 m^3 de biogás para uso diário como fonte de energia, considerando que 20 kg de lixo orgânico produza 1 m^3 de biogás.

Após os cálculos podemos notar que precisaremos de um grupo gerador que consiga consumir os $12\ m^3$ de biogás diários.

Com isso podemos definir uma escolha, o gerador BAT - 5000 BIO, da fabricante Branco, de 3,6 kW e com um consumo de $2\ m^3$ por hora [11], informados pelo fabricante. A partir desses dados podemos definir quanto de energia se espera gerar utilizando a fórmula:

$$E = P \times T \quad (4.1)$$

Em que, E é a energia em kWh, P a potência do gerador e T o tempo de uso. Como possuímos $12\ m^3$ de biogás, concluímos então que o gerador será utilizado 6 horas por dia, tendo então uma geração de 21,6 kWh por dia, a ser utilizada pelos aquecedores dos restaurantes universitários.



Figura 26 – Gerador BAT - 5000 BIO [5]

Vale ressaltar que as saídas do gerador são 220V (fase-neutro) [12], ou seja monofásica, o que nos permite ligar diretamente no quadro de transferência automática e consequentemente distribuir para a cozinha sem a necessidade da utilização de um transformador trifásico para monofásico.

4.2.6 Sincronização

Para a utilização da energia gerada nos equipamentos de aquecimento do restaurante universitário, optamos por utilizar um quadro de transferência automática de transição aberta, que permite fazer a troca do fornecedor primário para o fornecedor secundário (e vice-versa) em momentos de necessidade e pré-programadas. No nosso caso, iremos optar pelas configurações pré-programadas, em que o quadro de transferência automática quando programado o tempo de uso, dá a partida no gerador e o mantém ligado fornecendo energia durante o tempo determinado e gerando assim um desconto relativo.

Caso os equipamentos que utilizam a energia elétrica ao serem alternadas para a energia dos geradores não possam sofrer nenhum tipo de interrupção, uma possível solução seria a utilização de quadros de transferência automática baseados em tiristores que permitem uma rápida transição que é imperceptível para a maioria das cargas elétricas.

Os quadros de transferência automática também possuem a finalidade de correção da angulação da fase, frequência e magnitude da tensão caso seja necessário.

A escolha do quadro de transferência foi baseada em seu tempo de resposta após a troca da utilização da energia proveniente da concessionária de energia para a do gerador, pela capacidade de conservação do gerador, pois o liga em tempo programado apenas para evitar acúmulo de sujeira que podem comprometer o uso do gerador. Além dos seus parâmetros se encaixar com os fornecidos pelo gerador.

Portanto um modelo que serve como opção é o da marca Strazmaq, modelo QTASTZ-MONO-8K-30A.



Figura 27 – Quadro de transferência automática da Strazmaq [6]

4.2.7 Softwares de gerenciamento

A importância da informação para a tomada de decisões nas organizações tem impulsionado o desenvolvimento dos sistemas de processamento de informações. Algumas ferramentas importantes para esse processo são: processadores de texto (edição eletrônica), planilhas (cálculos com tabelas de valores) e Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados - SGBDs (armazenamento de grandes volumes de dados, estruturados em registros e tabelas, com recursos para acesso e processamento das informações) ([ROCHA; DIAS, 2015](#)).

Por definição, banco de dados é uma coleção de dados interrelacionados, representando informações sobre um domínio específico. Por exemplo: lista telefônica, controle do acervo de uma biblioteca, sistema de controle dos recursos humanos de uma empresa.

Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados (SGBD) é um conceito diferente, mas que se relaciona com banco de dados. Por definição, é um software com recursos específicos para facilitar a manipulação das informações dos bancos de dados e o desenvolvimento de programas aplicativos.

Para o projeto em desenvolvimento, é necessário possuir e consultar uma base de dados ligada a distribuição de energia elétrica. Também é importante desenvolver um ambiente de interface homem-máquina que inclui algumas aplicações, como análise e otimização de redes elétricas, cálculo e balanço de perdas técnicas e não técnicas.

Além disso, é interessante existir um módulo encarregado da gestão de eventos causados por alterações topológicas na rede elétrica. Tal sistema registraria os blecautes, mostraria graficamente o estado de energização ou não energização da rede elétrica e permitiria simulações de manobras e falhas.

A melhor solução encontrada foi o sistema ActionoGRID, da empresa Spin Engenharia de Automação, que é um conjunto completo de módulos de software com diversas funcionalidades que facilitam o processo de geração, manutenção e operação da rede de distribuição de energia elétrica.

O software SCADA utilizado nesse sistema é o Action.NET que faz a aquisição de dados e controle de supervisão do processo controlado. Trabalha em plataforma de 64 bits, que suporta todos os protocolos da área elétrica, o que anula o risco de não compatibilidade entre os dispositivos da automação.

Tal sistema possui uma infra-estrutura flexível para gerenciamento de dados em tempo real, com aplicações ao setor elétrico, em geração, transmissão e distribuição, energia renovável, e outras plantas distribuídas como o gerenciamento de distribuição de água e sistemas de automação predial. Essas características suprem as principais demandas de automação e análise de dados de um sistema smart grid em ambiente universitário.

Além disso, inclui um banco de dados com os tags em tempo real, os níveis hierárquicos de ativos e modelos, alarmes e eventos, historiador, receitas, consultas SQL e acesso de dados, elaboração de relatórios, lógicas em scripts em linguagem .NET, cliente e servidor OPC, WCF e protocolos nativos da indústria, gráficos dinâmicos criados em WPF e acessível a partir de desktops, clientes remotos inteligentes, navegador e iOS clientes nativos em iPads e iPhones.

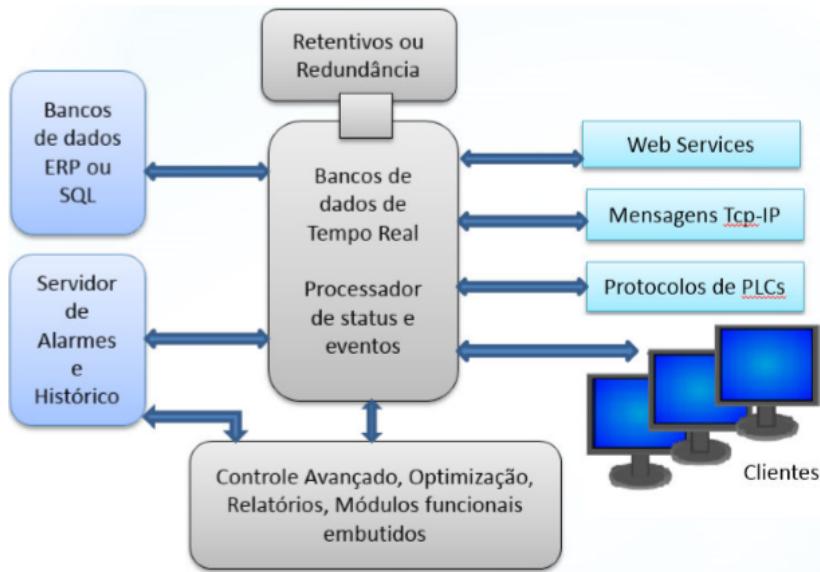


Figura 28 – Esquematização do sistema de banco de dados

Action.NET suporta acesso SQL, Web-Services, XML e outras interfaces de intercâmbio de dados para fornecer informações para ferramentas de relatórios externos. Além disso, ele tem o seu próprio editor de relatório.

O Action.NET pode ser aplicado em diferentes cenários e topologias de rede. As aplicações mais comuns, desde o chão de fábrica até a TI, incluem [Manual – Action.NET: Manual do Usuário]:

- Painel HMI local ou dispositivo embutido, funcionando para aquisição de dados por protocolos nativos e operação local;
- Servidor OPC e gateway de dados;
- Supervisão e sistema SCADA em ilhas de automação;
- Servidor Central para Centros de Operações e Controle Integrado de Salas;
- Servidor de Dados prontos para “cloud” independente da fonte da camada de apresentação;

- PMIS - painel em tempo real e Plant Information;
- Gestão de Aplicações de Informações de Plantas.

Por fim, os requisitos técnicos para se utilizar o sistema são [Manual – Action.NET: Manual do Usuário]:

- Microsoft dotNET Framework v4.0;
- Sistemas operacionais: qualquer sistema operacional capaz de executar o Microsoft .NET Framework 4.0 ou máquinas virtuais compatíveis com o Microsoft .NET Framework;
- Windows 7, Windows 8, Windows Vista, Windows Server 2008 e Windows Server 2012 todos vêm com a
 - Microsoft. Instalado Net;
 - Memória RAM: Runtime 1 GB; Engenharia 2 GB;
 - Espaço em disco-150 MB;
 - Resolução da tela:
 - Para o desenvolvimento de aplicações de mínima de 1024 x 768;
 - Para a aplicação de tempo real: As Telas são independentes da resolução, para que você possa criar aplicações que vão desde pequenos HMI de 6" até grandes monitores de alta definição;
 - Para ter acesso às instalações baseadas na web, Internet Explorer v8 ou posterior.

4.3 Orçamento e viabilidade

O sistema Smart Grid a ser implantado no campus Gama da Universidade de Brasília conta com diversos componentes eletrônicos e sistemas de software para garantir a automação do gerenciamento e produção de energia elétrica. Foram feitos os orçamentos de todos os equipamentos que irão otimizar o controle dos gastos e consumos para em seguida ser calculado a viabilidade do projeto.

4.3.1 Sensores de Presença

O sensor de presença do modelo SLEP/ST-39 custa R\$25,00 a unidade pelo fabricante Sensor Lights, contudo foi feita uma comunicação com o fornecedor e se comprado em larga escala os sensores custarão R\$20,00.

Para as salas da FGA serão utilizados 2 sensores, nos banheiros somente 1, na biblioteca 3 e na secretaria 2 sensores, onde cada um cobre uma distância de 12 metros. No prédio de aulas da FGA existem 20 salas de aulas, 6 banheiros, 1 biblioteca e uma secretaria. No RU há 2 banheiros e 6 salas de empresas, na qual cada uma delas necessita de 1 sensor, totalizando 59 sensores.

No prédio dos laboratórios e de sala de professores serão necessários 62 sensores, utilizando a mesma lógica inicial de quantidade de sensores por área. Ao total serão necessários 121 sensores, totalizando R\$2.420,00.

4.3.2 Sensores Infravermelho

No caso do projeto Smart Grid, é necessário um par para a comunicação MESP-UAC e outro par para a comunicação UAC-UED, totalizando 4 sensores no valor total de £5.639,20 (aproximadamente R\$21.428,96) [**1**]. Os cálculos foram feitos considerando a cotação do euro no valor de R\$3,80 do dia 24/11/2016, obtido por meio da *Citibank N.A.*

O sensor de comunicação infravermelho DDLS 200/200.1-10-H, fornecido pela Leuze Eletronics, utilizado para realizar a comunicação entre os prédios da FGA, custa £1.409,80 (aproximadamente R\$5.357,24) a unidade. Este sensor atua como transmissor e receptor, sendo assim necessário um par de sensores para cada par de prédios que se comunicarão.

4.3.3 Sensores de Luminosidade

A partir de análises de custos referentes à adição de elementos considerados extras ao projeto e a partir da leitura dos objetivos propostos pelo Smart Grid, que são de possibilitar uma redução efetiva do consumo de energia elétrica de forma inteligente e interativa, foi descartada a possibilidade de aferições de temperaturas por meio de sensores dedicados, tanto em condutores e quadros de distribuição, quanto em ambientes internos nas imediações da faculdade.

Por outro lado, foi observada a possibilidade de adoção de sistemas envolvendo o controle e automação de iluminação por meio de sensores de presença e sensores fotoelétricos, tais como atuadores e dimerizadores de iluminação. Essas soluções promovem tanto a automação de sistemas externos, a partir do acionamento e desligamento de lâmpadas e refletores externos, quanto a automação interna por meio de sensores de presença e sensores fotoelétricos constituindo um sistema de dimerização automática ou apenas sistemas com acionamento e desligamento automático de lâmpadas a partir de sensores de presença.

Quanto à automação interna envolvendo sensores fotoelétricos, destacam-se os sistemas de dimerização, que são sistemas compostos por diversos componentes responsáveis por realizar dimerizações em lâmpadas fluorescentes. Esses sistemas podem ser compostos por sensores fotoelétricos interligados por sistemas de protocolo wireless, os quais, a partir de uma unidade de controle, realizarão a análise de dados, o tempo de utilização e potência fornecida pela central. Outra forma possível é a partir de um controlador central, do qual é possível retirar informações e programar a taxa e modo de dimerização requerida. Dentre as empresas que apresentam a versão pela implementação de soluções inteligentes, destacam-se a OSRAM e LUTRON.

Dentre as soluções propostas para a automação interna, destaca-se o esquema exemplificado por componentes da empresa LUTRON, esquematizado pela Figura 29, que possui uma melhor viabilidade econômica em oposição às soluções completas, tais como o sistema de gerenciamento em tempo real com sistemas de interfaces gráficas, exemplificados pelo sistema QUANTUM, ilustrado pela Figura 30 [**2**].



Figura 29 – Solução MAESTRO WIRELESS proposta por LUTRON para automação de iluminação para salas e escritórios. Adaptado de: <<http://www.lutron.com/en-US/Products/Pages/SingleRoomControls/MaestroWireless/Components.aspx>>

Outra solução proposta pelas empresas LUTRON [**2**] e OSRAM [**3**], os balastros de luz fluorescentes são destacados como mais rentáveis economicamente, os quais utilizam-se de sensores/atuadores/chaves dimerizáveis para o controle ou dimeriza-



Figura 30 – Visão geral do sistema completo de automação Smart Grid (Quantum) idealizado pela empresa LUTRON

ção de lampadas fluorescentes a partir desses módulos controladores (balastros). Dentre os módulos fornecidos pela empresa LUTRON, destacam-se os módulos contidos na Figura 31. Os módulos referentes a empresa OSRAM encontram-se na Figura 32 :

Dentre as opções mostradas na Figura 31, a solução Hi-lume 3D apresentou-se a mais viável dentre os modelos propostos pela empresa LUTRON, por apresentar potências de trabalho maior, por ser compatível com diversos tipos de lâmpadas fluorescentes e por propiciar um espectro de dimerização de 100% a 1%, possibilitando maiores ganhos econômicos de energia em relação aos outros modelos propostos pela empresa. O preço unitário de unidades de Hi-lume 3D é de cerca de R\$85,00. Por outro lado, quanto às soluções propostas pela empresa OSRAM, no âmbito de balastros de dimerização, destacou-se o modelo DIM Multi 3 CONTROL, por apresentar-se como uma versão robusta, porém financeiramente rentável. Dentre as diferenças desse modelo em relação ao fornecido pela empresa LUTRON é a capacidade de fornecer e receber dados via wireless, o que facilita na integração com a análise de dados no sistema Smart Grid, fato esse que tornou possível a escolha desse produto. O preço unitário é de R\$200,00.

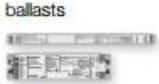
Balastros Fluorescentes	Lâmpadas compatíveis	Tensão de alimentação
EcoSystem® H-Series ballasts 	<ul style="list-style-type: none"> T8 linear and U-bent: 17W, 25W, 32W T5 HO linear: 24W, 39W, 54W T5 linear: 14W, 21W, 28W 	<ul style="list-style-type: none"> UNV: 120V, 220/240V, 277V @ 50/60Hz
EcoSystem® H-Series ballasts Global models 	<ul style="list-style-type: none"> T8 linear: 32W, 36W T5 HO linear: 54W T5 linear: 14W, 28W 	<ul style="list-style-type: none"> 127–220V INMETRO @ 50/60Hz 220–240V CE @ 50/60Hz 220–240V CCC @ 50/60Hz 347V @ 60 Hz
Hi-lume® 3D ballasts 	<ul style="list-style-type: none"> T8 linear and U-bent: 17W, 25W, 32W, 40W T5 HO linear: 24W, 39W, 54W, 80W T5 linear: 14W, 21W, 28W T5 twin-tube: 36W, 40W, 50W 	<ul style="list-style-type: none"> UNV: 120V, 220/240V, 277V @ 50/60Hz
EcoSystem ballasts 	<ul style="list-style-type: none"> T8 linear and U-bent: 17W, 25W, 32W T8 linear Reduced-Wattage: 25W, 28W, 30W T5 HO linear: 24W, 39W, 54W T5 linear: 14W, 21W, 28W, 35W T5 twin-tube: 36W, 39W, 40W, 50W, 55W T5 twin-tube Reduced-Wattage: 25W 	<ul style="list-style-type: none"> UNV: 120V, 220/240V, 277V @ 50/60Hz
EcoSystem compact ballasts 	<ul style="list-style-type: none"> T4 4-pin quad-tube CFL: 18W, 26W T4 4-pin triple-tube CFL: 26W, 32W, 42W 	<ul style="list-style-type: none"> UNV: 120V, 220/240V, 277V @ 50/60Hz
Hi-lume ballasts 	<ul style="list-style-type: none"> T5 HO linear: 24W, 39W, 54W T4 4-pin triple-tube CFL: 26W, 32W 	<ul style="list-style-type: none"> 120V, 277V @ 60Hz
Tu-Wire® ballasts 	<ul style="list-style-type: none"> T8 linear and U-bent: 25W, 32W T4 4-pin quad-tube CFL: 18W, 26W T4 4-pin triple-tube CFL: 18W, 26W, 32W 	<ul style="list-style-type: none"> 120V @ 60Hz

Figura 31 – Tabela comparativa entre os modelos de balastros de controle de lâmpadas fluorescentes fornecidos pela empresa LUTRON. Disponível em <www.lutron.com>, Adaptado.



Figura 32 – Soluções de dimerização interna e externa, sugerida pela empresa OSRAM. Disponível em <www.osram.com> Adaptado

4.3.4 Medidores Inteligentes

Em um sistema elétrico inteligente (Smart Grid), existe uma grande necessidade, pelo próprio conceito, da existência de um conhecimento sistemático atualizado de todo o funcionamento da rede instalada, logo é necessário implementar sensores em todos os âmbitos, de forma que se tenha a capacidade de monitorar todo o sistema. No caso do sistema instalado uma das formas de sensoriamento se baseia na instalação de medidores inteligentes de eletricidade que possibilitam conhecer tanto a utilização de eletricidade quanto a geração.

No caso em questão será instalado alguns medidores inteligentes de eletricidade, para analisar tanto a utilização de cada prédio (UED, UAC e RU) quanto a geração de eletricidade por parte da usina de biogás e pelas placas fotovoltaicas. Assim ter-se-á um medidor inteligente em cada um dos prédios de forma que seja possível saber quando e aonde está ocorrendo os maiores gastos e desperdícios de forma isolada, estes dados serão atualizados de acordo com as características do medidor. O mesmo modelo de medidor será instalado de forma tal que conheça-se a geração de eletricidade da usina de biogás e das placas fotovoltaicas sendo que ter-se-á três bancos de células.

Em última linha será instalado um medidor de tal forma que seja possível conhecer a troca de eletricidade entre a rede e o sistema elétrico interno da FGA. Assim também será possível saber de forma central aonde e quando o sistema está ou não em perfeito funcionamento, sendo possível analisar de forma remota alguns possíveis defeitos que impossibilitem o pleno funcionamento do sistema elétrico interno da FGA.

O medidor SMW 300 possui uma grande gama de funcionalidades, e por isso foi o modelo escolhido para o projeto. Tal equipamento é trifásico, ideal para a rede da FGA, e possui as seguintes características (Manual do Usuário - SMW):

- Flexibilidade para mudança de tarifa convencional para tarifa branca com diferenciação tarifária;
- Flexibilidade para mudança da comunicação (meio físico e protocolo);
- Relé de corte e religa integrado;
- Relógio de tempo real alimentado por bateria e supercapacitor, com monitoramento individual;
- Memória de massa integrada para registro de até 37 dias de informações;
- Flexibilidade de configuração dos dados a serem enviados via comunicação e apresentados no display;
- Mecanismos de segurança para garantia de sigilo e integridade, baseado na autenticação e criptografia de dados;

- Atualização local ou remota do firmware da metrologia ou comunicação, com implementação de segurança contra acesso mal intencionado.

O preço de cada medidor segundo simulações feitas fica em torno de R\$500,00. Tendo em vista que se pretende instalar como antes discorrido e especificado 8 medidores, tem-se que o orçamento necessário para a instalação destes fica em torno de R\$3.000,00.

4.3.5 Sistema de Gerenciamento de Dados

É de suma importância um gerenciamento de dados em um sistema inteligente de rede elétrica e para isso é necessário softwares que realizam planilhas de consumo e armazenamento de dados. A metodologia para aquisição e supervisão de dados a ser utilizado é o SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), pois é o que mostra ser mais útil e eficaz atualmente [**4**]. Existem uma quantidade considerável de softwares no mercado que fazem isso. Esses softwares administram os dados coletados e apresentam em forma de gráficos para uma melhor visualização. Esses também tem ferramentas de cálculos estatísticos para a análise dos dados coletados [**5**].

A solução encontrada foi do uso do software SCADA Action.NET que faz a aquisição de dados e controle de supervisão do processo controlado. Esse trabalha em plataforma de 64 bits, que suporta todos os protocolos da área elétrica, o que anula o risco de não compatibilidade entre os dispositivos da automação [**6**].

O fornecedor do software escolhido para uma estimativa de custos do projeto foi a Spin Engenharia de automação. Este fornece o software Action.NET e seu preço varia de acordo com que o software trabalhará e suas funcionalidades.

Como o produto desejado não é algo que é vendido em prateleiras, ou seja, é comercializado para empresas e não consumidores comuns, a disponibilização de preços por parte das empresas não é simples. Como não houve resposta da empresa, utilizou os dados fornecidos pela empresa LABVIEW de um software semelhante ao desejado. O preço obtido foi de R\$45.250,00 [**7**].

4.3.6 Central de Gerenciamento de Dados

É necessário haver um espaço para ser a sede do gerenciamento dos dados obtidos por todo o sistema Smart Grid. Nessa central serão analisados os insumos adquiridos pelo software SCADA, onde os técnicos e responsáveis poderão trabalhar de forma confortável e adequada para interpretar os resultados e tomar as decisões necessárias.

Será adquirido um contêiner para montar uma central de monitoramento de todo o sistema Smart Grid. O tamanho é o mesmo dos containers já usados na FGA e supre as necessidades ideais do projeto, possuindo um acabamento superior, com montagem em

layouts específicos de acordo com a necessidade do projeto, módulos acopláveis permitindo a construção de ambientes amplos e conforto térmico superior, pois todas as paredes são feitas de termopainel [**8**].

Nesta central de monitoramento, é necessário haver uma máquina a qual será instalada o software e todo o trabalho será feito. O equipamento escolhido foi o Workstation da Dell T5810 que é ideal para efetuar esse tipo de monitoramento com o software SCADA que foi o escolhido. O computador seria usado para análises de dados do consumo de energia nos vários prédios da FGA, plotagem de gráficos e emissões de relatórios com tudo isso feito pelo software [**9**].

4.3.7 Gerador Biogás

Para a geração de energia a partir do biogás o gerador escolhido foi o BAT 5000 Bio, por possuir uma boa taxa de consumo do biogás gerado, para a conversão para energia elétrica. O gerador foi encontrado na empresa Senergam – Soluções Energéticas e Ambientais, e tem seu valor de R\$4.700,00 [**10**].

4.3.8 Quadro de Transferência Automática

O Quadro de transferência automática escolhido fora o Strazmaq, Modelo QTASTZ-MONO-8K-30A, devido sua compatibilidade com o gerador que gera uma potência aparente de 4 KVA, sendo que o quadro suporta até 8 KVA. Ele também possui a possibilidade de programação de funcionamento, gerando uma maior flexibilidade ao usuário, já que ele pode controlar o gerador. O quadro de transferência automático citado foi encontrado na empresa S&S Grupo Geradores, pelo preço de R\$2.658,00 [**11**].

Equipamento	Modelo	Fornecedor	Preço unitário (R\$)	Quantidade	Preço total (R\$)
Sensor de presença	SLEP/ST-39	Sensor Lights	20,00	121	2.420,00
Dimerizadores de luz	DALIECO CONTROL	OSRAM	100,00	34	6.800,00
Medidor inteligente	MEDIDOR SMW 300	WEG	500,00	8	4.000,00
Transmissor/receptor infrared	DDLS 200/200.1-10-H	Leuze eletronics	5.121,00	4	20.484,00
Software SCADA	ACTION.NET	Spin Engenharia de Automação	4.5250	1	45.250,00
Computador da central	SERIE 5000 T5810	Workstations Dell Precision	10.000,00	1	9.299,00
Contêiner	CE 600	Mehta Soluções Modulares	25.000,00	1	25.000,00
Gerador Biogás	BAT 5000 BIO	Senergam	4.700,00	1	4.700,00
Quadro de transferência automática	QTASTZ-MONO-8K-30A	Strazmaq	2.658,00	1	2.658,00
Custo Total (R\$)	-	-	-	-	120.611,00

Figura 33 – Tabela final de custos do sistema de automatização da Faculdade Gama/UnB

Conclusão

A automatização do sistema de gerenciamento de energia da Faculdade Gama da Universidade de Brasília é uma iniciativa que irá otimizar o consumo e controle da energia elétrica utilizada no campus. A instalações de sensores de temperatura, presença e transmissão, a utilização de medidores inteligentes de energia e a implementação de um software de gerenciamento são processos necessários para que o projeto tenha sucesso.

As fontes de energia alternativas desempenham papel fundamental no processo, pois aproveitam características do local, como boa incidência solar e a geração de biomassa devido ao Restaurante Universitário para gerar eletricidade e contribuir com o sistema geral a ser implementado. Tais processos também são automatizados e são controlados e monitorados pelo sistema de gerenciamento do sistema.

Portanto, um sistema “SmartGrid” na FGA integrado com fontes alternativas de energia é possível tecnicamente e pode solucionar as problemáticas levantadas no relatório do Ponto de Controle 1. A viabilidade econômica será analisada na próxima etapa, e assim poderá ser concluído se o projeto é realmente viável de ser implementado.

Referências

- CAPATAN, D. et al. Análise da viabilidade financeira da produção de biogás através de dejetos de equinos. 2012. Citado na página 18.
- CHERNICHARO, C. A. de L. et al. Alternativas para o controle de emissões odorantes em reatores anaeróbios tratando esgoto doméstico. *Eng Sanit Ambient*, SciELO Brasil, v. 15, n. 3, p. 229–236, 2010. Citado na página 18.
- GALLOWAY, B.; HANCKE, G. P. Introduction to industrial control networks. *IEEE Communications surveys & tutorials*, IEEE, v. 15, n. 2, p. 860–880, 2013. Citado na página 47.
- KUP, M. T. *Estudo da medição inteligente para consumidores residenciais no Brasil*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. Citado na página 47.
- MCCROY, D. F.; HOBBS, P. J. Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: a review. *Journal of Environmental Quality*. madison. v. 30, p. 345–355, 2001. Citado na página 18.
- OLIVER, A. d. P. M. et al. Manual de treinamento em biodigestão. instituto winrock, universidade do estado da bahia, brasil. 2008. Citado na página 18.
- PINHEIRO, J. M. S. *Sistema de Transmissão e Meios Ópticos*. 2002. <<http://www.eeec.ufg.br/~lguedes/moodle/txdados/fo.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 50 e 51.
- ROCHA, J. F.; DIAS, J. W. *Importância dos Bancos de Dados nas aplicações*. 2015. <http://web.unipar.br/~seinpar/2015/_include/artigos/Julio_Fernandes_Rocha.pdf>. Citado na página 57.
- STAIISS, C.; PEREIRA, H. Biomassa, energia renovável na agricultura e no sector florestal. *Revista Agros, Instituto Superior de Agronomia, Portugal*, v. 13, n. 1, p. 21–28, 2001. Citado na página 13.
- SVOBODA, J. A.; DORF, R. C. *Introdução aos Circuitos Elétricos*. [S.l.]: LTC Editora, Rio de Janeiro, 2008. Citado na página 46.
- TEXIER, C.; FARGE, B. d. L.; GRANIER, R. Influence des variations des principaux facteurs de l'ambiance an porcherie d'engraissement. *Journées de la Recherche Porcine en France, Paris*, n. 11, p. 153–164, 1979. Citado na página 13.
- THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. d. Sensores industriais: fundamentos e aplicações. *São Paulo*, v. 3, p. 32, 2005. Citado na página 48.
- TOMASIN, S. G. et al. *Smart Grids - Uma visão geral com enfoque em condicionamento e qualidade de energia elétrica*. 2014. <<https://goo.gl/BdE9yC>>. Citado na página 47.