



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Filipe Vieira Rocha

**Campina Grande - PB
2017**

Filipe Vieira Rocha

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de estágio integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para obtenção de grau de bacharel em ciências no domínio da Engenharia Elétrica

Orientador: Dr. Luís Reyes Rosales Montero

Campina Grande - PB
2017

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Filipe Vieira Rocha

Relatório de estágio apresentado à banca examinadora da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito à obtenção do grau de Engenheiro Eletricista sob orientação do Prof. Dr. Luís Reyes Rosales Montero Campina Grande.

Luís Reyes Rosales Montero (Orientador)
DEE/CEEI/UFCG

DEE/CEEI/UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conduzir em todos os momentos da minha vida, principalmente na execução deste trabalho, pois um grande sonho foi realizado.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Luís Reyes Rosales Montero pela oportunidade que me foi concedida, por todos os ensinamentos que me foram transmitidos, pela paciência e pela confiança depositada em mim ao longo do trabalho.

A todos os profissionais do setor de projetos da CEHAP, que me ajudaram transmitindo seu conhecimento de maneira calma e paciente. Agradecer a Diego Perazzo, engenheiro eletricista que me coordenou nas minhas atividades e a todos profissionais da CEHAP que de uma maneira ou de outra colaboraram para a realização do estágio.

Aos grandes amigos que conquistei ao longo desta caminhada, Rodrigo, José Fabio, Mateus, Ruam, Elvis, Artur, Jorge, Paulo Vinicius, Lucas, Armando, Monica, João, Djair, Nayara, Gabriel, Sydeney, Zózimo, Igor, Túlio, Marcus Vinícius, Bruno Albuquerque, Erick, Adilson, Ericleston e Luiza. Muito obrigado pela amizade e por todos os momentos de alegria. A todos os colegas que de uma forma ou de outra contribuíram para este trabalho.

Agradeço à minha família, em especial a minha mãe e pai (Carmen Lucia Vieira Rocha e Claudio de Lima Rocha), ao meu irmão (Caio Vieira) quem sempre me apoiou nessa jornada, e a minha namorada Franciane Islania por estar em todos os momentos comigo.

RESUMO

O estágio integrado faz parte da grade curricular do curso de engenharia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. O mesmo tem a carga horária de no mínimo seiscentos e sessenta horas. Este relatório tem intuito de apresentar o estágio realizado na empresa CEHAP (Conjunto Estadual Habitacional da Paraíba), do Governo do estado da Paraíba, a qual elabora projetos, construções e urbanizações para conjuntos habitacionais. O período de realização do estágio foi de 13 de fevereiro de 2017, finalizado em 26 de junho de 2017, totalizando uma carga horária de setecentos horas. O relatório apresenta as normas utilizadas pelo autor, mostrando seus principais pontos, apresentação da empresa em que estagiou, explicando as atividades e programas da CEHAP. As atividades realizadas pelo autor foram: elaboração de projeto elétrico de baixa tensão do conjunto habitacional da cidade de patos, que ainda se encontra na fase de projeto, especificação técnica que foi apresentado a empresa CIA SOLAR NORDESTE SUSTENTÁVEL, visita e inspeção de sistema fotovoltaico implementado na cidade de Guarabira para averiguação das especificações solicitadas.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Cidade Madura	11
Fig. 2 Imagem tabela 47 da NBR5410	15
Fig. 3 Imagem Tabela 33 NBR5410	16
Fig. 4 Imagem Tabela 36 NBR5410	16
Fig. 5 Imagem tabela 42 NBR5410	17
Fig. 6 Imagem tabela 40 NBR5410	17
Fig. 7 Imagem tabela tipo de instalação NDU 001.....	19
Fig. 8 Imagem tabela características padrão de entrada NDU 001	20
Fig. 9 Processo de solicitação de sistema de compensação de energia	21
Fig. 10 Conexão de Geradores por meio de Inversores.....	22
Fig. 11 Disposição simplificado do medidor bidirecional.....	23
Fig. 12 Estrutura de uma célula fotovoltaica	26
Fig. 13 Célula fotovoltaica monocristalina.....	27
Fig. 14 Célula fotovoltaica policristalina	28
Fig. 15 Gráfico Tensão X Corrente célula fotovoltaica	30
Fig. 16 Gráfico Tensão X Potência	30
Fig. 17 Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica	32
Fig. 18 Quadro de Cargas	34
Fig. 19 Diagrama Unifilar	35
Fig. 20 Projeto Elétrico.....	35
Fig. 21 Modelo de etiqueta do Inmetro afixada nos módulos	38
Fig. 22 Conectores de engate rápido MC4 para conexão série de módulos fotovoltaicos.	38
Fig. 23 Foto Painéis Fotovoltaico.....	40
Fig. 24 Área Comum Condomínio	40
Fig. 25 Foto Inversor de frequência.....	41
Fig. 26 Foto Módulo Fotovoltaico.....	42
Fig. 27 Foto Conector tipo MC4	42
Fig. 28 Foto Dispositivos de Proteção.....	43
Fig. 29 Estação de aproveitamento de água da chuva	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Comparação da eficiência das diversas tecnologias de células fotovoltaicas.....	29
Tabela 2 Ramal de Entrada.....	35
Tabela 3 Especificação Proteção Inversor.....	39
Tabela 4 Dados Inversor Fronius Eco 25.0-3-S	41

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
SUMÁRIO	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. CEHAP	10
2.1. Empresa	10
2.2. Programas	10
3. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	12
3.1. Projeto Elétrico de Baixa Tensão.....	12
3.2. NBR5410	14
3.3. NDU 001	18
3.4. NDU 013.....	20
4. ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	24
4.1. Fontes Renováveis	24
4.2. Energia Solar Fotovoltaica.....	25
4.3. Pannel Fotovoltaico	29
4.4. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica	31
4.5. Sistema de Tarifação.....	32
5. ATIVIDADES REALIZADAS	34
5.1. Projeto de Instalação Elétrica	34
5.1. Especificação projeto fotovoltaico cidade madura	37
5.2. Visita técnica cidade madura	39
6. CONCLUSÃO.....	45
7. REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório faz parte da conclusão da disciplina Estágio Curricular necessária para obtenção do título de Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Campina Grande, nele será apresentado as principais atividades realizadas pelo autor, bem como, explicação das atividades realizadas pela empresa. O mesmo teve uma carga horária mínima de 660 horas, sendo válido de 13 de Fevereiro de 2017 a 26 de Junho de 2017 totalizando 700 horas de atividades realizadas na Companhia Estadual de Habitação Popular – CEHAP.

O estágio foi realizado na sede da empresa situada na Avenida Hilton Souto Maior, em Mangabeira, João Pessoa. Neste local se encontra a sede onde estão todos os escritórios responsáveis pelo projeto e acompanhamento das obras, bem como toda a diretoria da empresa. O setor de projetos, setor esse que o autor atuou no seu estágio, é formado por sua grande maioria de engenheiros civis e arquitetos, sendo também formado por um Engenheiro Eletricista, Diego Perazzo, responsável por todas atividades realizadas pelo autor.

A CEHAP é uma companhia estadual que tem atividades voltadas para construção civil, com intuito de construção de moradias populares para pessoas de baixa renda. Com as constantes preocupações ambientais a empresa vem estudando meios de seu trabalho causar o menor impacto possível, um dos meios estudados é a utilização da energia fotovoltaica, que vem sendo implementado em seus projetos de construção de moradias. O presente autor realizou atividades voltadas para energia solar fotovoltaica que serão apresentadas no decorrer do relatório.

No estágio o autor realizou estudos de instalações elétricas, bem como, estudo das normas referente a instalação prediais de baixa tensão (NBR5410), e também as normas da concessionária distribuidora de energia a “ENERGISA”. Estudos referentes a geração distribuída foram realizados, como estudos no uso de fontes renováveis de energia, com ênfase na solar fotovoltaica.

2. CEHAP

2.1. Empresa

A CEHAP já construiu milhares de habitações em todas as regiões da Paraíba, incluindo a construção do maior conjunto habitacional do Norte/Nordeste, o Parque Residencial Tarcísio de Miranda Burity, conhecido como Mangabeira, no município de João Pessoa.

Cerca de 90% dos municípios paraibanos já foram beneficiados com projetos habitacionais, mais de 290.335 habitantes beneficiados em todo o Estado da Paraíba, somando-se a isso a construção de escolas, creches, berçários e outros equipamentos comunitários, além da urbanização de comunidades, trabalhos técnico social com as famílias beneficiadas nos programas habitacionais, entre outras ações.

A Cehap tem por objetivo desenvolver a política estadual de habitação, mediante elaboração, execução e coordenação de estudos, programas e projetos específicos, bem como o planejamento setorial, produção e comercialização de unidades habitacionais de interesse social, obedecendo a critérios e normas estabelecidas pelo Governo do Estado e pela legislação federal, além de aquisição e urbanização de terrenos a serem utilizados em programas habitacionais, apoio a programas e projetos de desenvolvimento comunitários necessários à implantação e manutenção dos seus conjuntos habitacionais, apoio a programas de habitação popular executados pela iniciativa pública ou privada, urbanização de favelas e bairros pobres inclusive com a construção de equipamentos comunitários, execução de programas de desenvolvimento rural integrado com a construção de habitações, equipamentos comunitários e obras de infraestrutura, regularização fundiária e se encontra também autorizada pelo Governo Federal a atuar como agente financeiro.

2.2. Programas

Muitos projetos foram realizados pela Cehap, um exemplo é o condomínio cidade madura, um projeto pioneiro e inédito no Brasil, que tem intuito de construir um condomínio que atenda às necessidades das pessoas de terceira idade. O empreendimento é um condomínio fechado composto por: Unidade de Saúde; Centro de Vivência; Unidades habitacionais adaptadas para as necessidades do idoso; Uma praça, contendo horta comunitária e pista de caminhada.

O condomínio é dotado com 40 unidades habitacionais. O urbanismo e as edificações seguem as normas de acessibilidade para idosos. Cada edificação abriga duas unidades, projetadas de acordo com as normas de acessibilidade e adaptadas tanto para idosos quanto para

a necessidade de utilização de cadeira de rodas, o presente autor participou da execução do projeto.

A unidade de saúde possui um consultório médico, e um consultório odontológico. Além de uma sala de curativos, enfermaria e repouso para plantonistas. O centro de vivência com 260,59m², possui um salão, sala de aula, sala de Tv, sala de fisioterapia, wc's acessíveis, copa de apoio e um depósito.

Fig. 1 Cidade Madura



Além do cidade madura, a CEHAP é responsável por outros projetos como a construção das residências do Minha Casa Minha Vida, em que são residências com projetos de geração fotovoltaica. O MCMV (Minha Casa Minha Vida) é um programa do Governo Federal que, em parceria com estados e municípios, tem por objetivo promover a produção ou aquisição de novas unidades habitacionais, ou a requalificação de imóveis urbanos, para famílias com renda mensal de até R\$5.000,00.

Existe também as construções subsidiadas pelo MCMV Sub 50. Estas tem por objetivo atender beneficiários com renda bruta familiar de até R\$1.500,00, em municípios com população de até 50.000 habitantes. Foi por meio deste programa que a CEHAP realizou a maior quantidade de construções em diferentes cidades. A empresa também tem projetos através do Pró-Moradia e pelo Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social (PSH).

3. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

3.1. Projeto Elétrico de Baixa Tensão

Para a realização de um projeto elétrico de baixa tensão se necessita de um detalhamento prévio da instalação elétrica a ser realizada, sempre seguindo às normas vigentes, descrevendo a localização, a carga total e de cada circuito, trajeto de condutores e dutos e a conexão de todos os equipamentos a serem utilizados. O planejamento prévio de um projeto pode levar a uma maior eficiência energética e uma consequente diminuição dos custos, evitando desperdícios de material e de pessoal.

Para início da execução do projeto de instalação elétrica, o projetista necessita ter em mãos as plantas baixas do local onde será executado o projeto elétrico, que devem ser cedidas pelo contratante, além de tomar conhecimento da finalidade da instalação, por tanto, identificar qual o objetivo da instalação (uma fábrica, um condomínio, uma residência, etc.) e assim identificar quais equipamentos elétricos serão instalados no local. Outra informação importante é a localização da rede elétrica mais próxima e suas características (subterrânea, aérea, monofásica, trifásica, etc.).

Para um maior entendimento, a seguir é apresentado definições de algumas nomenclaturas empregadas nos projetos elétricos. Segundo a Norma de distribuição Unificada (NDU 001):

- Carga Instalada: soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora [kW], em condições de entrar em funcionamento (NDU 001, pg. 2);
- Demanda: potência elétrica média, absorvida do sistema elétrico, pela parcela de carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado (NDU 001, pg. 2);
- Ramal de Entrada: conjunto de condutores e acessórios, de propriedade do consumidor, instalados a partir do ponto de entrega até a proteção e medição (NDU 001, pg. 4);
- Ramal de Ligação: condutores e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o ponto de entrega (NDU 001, pg. 4);
- Quadro de Distribuição: local onde se instala os dispositivos de proteção, manobra e comando (NDU 001, pg. 4);

A primeira etapa de um projeto elétrico é a realização da previsão de carga. Com ela será possível identificar qual tipo de circuito deve ser utilizado, monofásico ou trifásico, identificar o padrão de entrada da sua instalação e dimensionamento dos dutos e condutores. Vale salientar que essa é uma etapa de extrema importância para o projeto, pois, se um erro grave for cometido nessa etapa, o projetista irá dimensionar todos os circuitos de forma errônea. Pode-se dividir as instalações da seguinte maneira:

- Previsão de carga de iluminação;
- Previsão de carga de pontos de tomada, incluindo as de uso específico (TUE);
- Previsão de carga de aquecimento elétrico de água.

Vale salientar que o projeto deve seguir a NBR5410, norma essa que estabelece as condições mínimas das instalações elétricas de baixa tensão. Para as regiões em que a empresa “ENERGISA” realiza a distribuição em baixa tensão, as normas NDUs 001, 003, 006, 013 e 016 devem ser seguidas também.

Em posse de todos os equipamentos elétricos que serão empregados no projeto, o projetista deve desenhar na planta baixa os pontos de energia, sempre levando em consideração as condições mínimas da NBR5410 e a disposição do espaço. Tomando cuidado com janelas, portas e vigas, lugares esses que tornam inviável a instalação de pontos de energia. A divisão de circuitos deve ser realizada de modo coerente, visando um equilíbrio de cargas, principalmente no caso circuitos trifásicos, recomenda-se uma distribuição de potência igual entre as três fases. Nessa etapa o projetista logo após a divisão dos circuitos deve desenhar na planta baixa o caminho dos dutos e os circuitos, que interligam as cargas e o quadro de distribuição, essa ligação dos dutos deve ser realizada de maneira simples e visando sempre o menor gasto.

A próxima etapa do projeto é o cálculo da demanda, essa importante por considerar que nem todos os equipamentos elétricos vão estar ligados ao mesmo tempo. Isso se torna importante economicamente por não ocasionar um sobre dimensionamentos na entrada das instalações elétricas. A NDU 001 especifica a forma como deve ser calculado a demanda de uma residência de baixa tensão, norma essa utilizada neste trabalho para elaboração do projeto elétrico.

Outra etapa importante é o dimensionamento dos condutores e dos dispositivos de proteção, etapa de extrema importância para a segurança da instalação, erros grosseiros não podem ser admitidos nessa etapa do projeto, por ela estar extremamente atrelada a segurança do indivíduo que irá usufruir das instalações. Com todas as etapas descritas acima o projetista

deve apresentar, além da planta baixa com os dutos e condutores instalados, apresentar: quadro de cargas, diagrama unifilar da instalação, padrão de entrada e memorial descritivo de cálculo.

3.2. **NBR5410**

Este tópico tem intuito de apresentar resumidamente os principais pontos da Norma Brasileira 5410 utilizados pelo autor. Para uma análise mais complexas deve-se consultar a norma completa disponibilizada na internet.

“A Norma estabelece as condições que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens” (NBR 5410, 2004, pg.1).

A norma específica o número de pontos de tomada a serem instalados em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser utilizados em tal ambiente. De acordo com a Norma Brasileira 5410 (2004, pg. 183).

- a) Em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório, observando as restrições locais contendo banheira e/ou chuveiros;
- b) Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, seja no mesmo ponto ou em pontos distintos;
- c) Em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada. Ademais, há possibilidade de o mesmo não ser instalado próximo ao referenciado cômodo, mas que o seja próximo ao seu acesso, quando a varanda, por razões construtivas, não comportar o ponto de tomada, quando sua área for inferior a 2m² ou, ainda, quando sua profundidade for inferior a 0,80 m;
- d) Em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados de maneira mais uniforme possível;
- e) Em halls de escadaria, salas de manutenção e salas de localização de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deverá ser previsto no mínimo um ponto de tomada.

Tais aspectos descritos acima devem ser critério mínimos, cabendo ao projetista analisar a necessidade de um maior número de pontos de energia ou de luz. Para o caso de tomadas de uso específico (TUE), que correspondem aos pontos de tomadas instalados para equipamentos cuja corrente nominal é superior a 10 A e são destinados a atenderem equipamentos fixos ou

estacionários, como chuveiro elétricos, ar condicionado, a potência atribuída a mesma deve ser igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado. Quando esta não for conhecida, deve-se atribuir à TUE uma potência igual à potência nominal do equipamento mais potente com possibilidade de ser ligado, ou a potência determinada a partir da corrente nominal da tomada e da tensão do respectivo circuito.

Em relação ao dimensionamento de condutores existem três critérios, estabelecidos pela norma NBR 5410. São eles: critério da seção mínima, critério da capacidade de condução de corrente e critério do limite de queda de tensão. O critério da seção mínima deve ser adotado quando os outros dois métodos não atingirem as condições mínimas estabelecidas na Fig.2.

O critério de capacidade de corrente, o projetista já dever ter em mente os seguintes aspectos: isolamento dos condutores, características dos cabos, temperatura ambiente e do condutor. Com todos essas características e a partir das tabelas da NBR 5410 é possível determinar o método de instalação dos cabos e determinar a bitola dos condutores. As Fig. 3 e 4 apresentam parte das tabelas supracitadas.

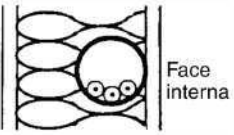
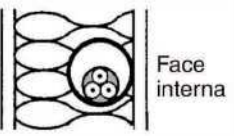
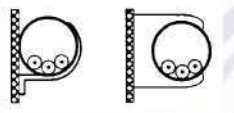
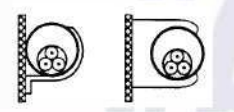
Fig. 2 Imagem tabela 47 da NBR5410

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
	Linhas flexíveis com cabos isolados	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
Para qualquer outra aplicação		0,75 Cu ⁴⁾	
Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais		0,75 Cu	

¹⁾ Seções mínimas ditadas por razões mecânicas
²⁾ Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.
³⁾ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².
⁴⁾ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Fonte: NBR5410 (2004, pg.113)

Fig. 3 Imagem Tabela 33 NBR5410

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2

Fonte: NBR5410 (2004, pg.90)

Fig. 4 Imagem Tabela 36 NBR5410

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297

Fonte: NBR5410 (2004, pg.101)

Outra observação importante que a norma traz, é o fator de correção de temperatura e agrupamento. O fator de agrupamento corrige o valor da corrente levando em consideração a quantidade de circuitos que passam no mesmo duto, já o de temperatura corrige o valor de corrente considerando a variação da temperatura ambiente. As tabelas encontradas na norma, apresentam os fatores de correção por temperatura e agrupamento respectivamente, as Fig. 5 e 6 apresentam imagem de parte destas tabelas:

Fig. 5 Imagem tabela 42 NBR5410

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: NBR5410 (2004, pg.108)

Fig. 6 Imagem tabela 40 NBR5410

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	—	0,65
70	—	0,58
75	—	0,50
80	—	0,41

Fonte: NBR5410 (2004, pg.106)

O critério do limite de queda de tensão, o projetista leva em consideração a distância do percurso dos circuitos na instalação. Essa consideração vem em decorrência das perdas por Joule ocorridas no caminho, a NBR5410 especifica o limite das quedas de tensões em determinadas situações. Segundo a norma, as quedas de tensão são as seguintes:

- “7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s)” (NBR 5410, 2004, pg. 115);
- “7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado” (NBR 5410,2004, pg. 115);
- “5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição” (NBR 5410,2004, pg. 115);
- “7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio” (NBR 5410,2004, pg. 115);

3.3. NDU 001

Este tópico tem intuito de apresentar resumidamente os principais pontos da Norma de Distribuição Unificada 001 utilizados pelo autor. Para uma análise mais complexas deve-se consultar a norma completa disponibilizada na internet.

A Norma de Distribuição Unificada 001 (2016, pg.1) “fixa os procedimentos a serem seguidos em projetos e execução das instalações de entradas de serviço das unidades consumidoras de baixa tensão em toda a área de concessão da ENERGISA”. Esta é aplicada em residências ou condomínios de até 3 unidades que tenham um consumo inferior a 75 kW (NDU 001, 2016).

Três tipos de atendimento são especificados:

- Tipo M (dois fios – uma fase e neutro)
- Tipo B (três fios – duas fases e neutro)
- Tipo T (quatro fios – três fases e neutro)

Para se determinar a categoria da instalação o projetista deve ter em mãos a previsão de carga da instalação ou a demanda. A partir dela e a consulta da tabela da Fig. 7, que se apresenta na norma citada, o tipo de atendimento é especificado.

Fig. 7 Imagem tabela tipo de instalação NDU 001

CATEGORIA		POTÊNCIA / DEMANDA		
Monofásico	Carga Instalada (kW)	M1	0,00 < P ≤ 6,00	
		M2	6,00 < P ≤ 11,00	
		M3	11,00 < P ≤ 15,40	
Bifásico		B1	0,00 < P ≤ 17,60	
		B2	17,60 < P ≤ 22,00	
		B3	22,00 < P ≤ 26,30	
Trifásico		Demanda provável (kVA)	T1	0,00 < D ≤ 26,30
			T2	26,30 < D ≤ 32,90
			T3	32,90 < D ≤ 46,05
	T4		46,05 < D ≤ 65,80	
	T5		65,80 < D ≤ 75,00	

Fonte: NDU 001 (2016, pg. 7)

“A demanda provável do consumidor, em kVA , deve ser calculada pela seguinte expressão” (NDU 001, 2016, pg. 29):

$$D(KVA) = d(KW)/0,92 \quad (1)$$

$$D(KVA) = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7) \quad (2)$$

Sendo:

- “ d_1 Demanda de iluminação e tomadas, calculada conforme fatores de demanda especificados na norma” (NDU 001, 2016, pg. 29);
- “ d_2 Demanda dos aparelhos para aquecimento de água (chuveiros, aquecedores, torneiras etc.) calculada conforme especificado na norma” (NDU 001, 2016, pg. 29);
- “ d_3 Demanda secador de roupa, forno de micro-ondas máquina de lavar louça e hidro massagem calculada conforme especificado na norma” (NDU 001, 2016, pg. 29);
- “ d_4 Demanda de fogão e forno elétrico calculada conforme especificado na norma” (NDU 001, 2016, pg. 29);

- “ d_5 Demanda dos aparelhos de ar-condicionado tipo janela ou centrais individuais, calculada conforme especificado na norma” (NDU 001, 2016, pg. 30);
- “ d_6 Demanda dos motores elétricos e máquinas de solda tipo motor gerador, conforme especificado na norma” (NDU 001, 2016, pg. 30);
- “ d_7 Demanda de máquinas de solda a transformador e aparelhos de raios-X, calculadas conforme especificado na norma (NDU 001, 2016, pg. 30)”.

Outra informação importante da norma, é o padrão de entrada das instalações, onde se apresenta as características de entrada, há depender do tipo de instalação e agrupamento. A Fig. 8 apresenta a imagem da tabela retirada da norma para exemplificar o que foi dito.

Fig. 8 Imagem tabela características padrão de entrada NDU 001

POTÊNCIA /DEMANDA	CATEGORIA	N.º DE FIOS	N.º DE FASES	POTÊNCIA/DEMANDA	CONDUTORES (mm ²)					HASTE PARA ATERRAMENTO AÇO COBRE	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (Limite Máximo (A))	ELETRODUTO DE PVC RÍGIDO (mm)		POSTE		PONTALETE		
					RAMAL DE LIGAÇÃO MULTIPLEX (ALUMÍNIO)	RAMAL DE LIGAÇÃO CONCENTRICO (ALUMÍNIO)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE PVC 70°C)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE EPR/AL PE 90°C)	ATERRAMENTO (COBRE)			ELETRODUTO DE AÇO GALVANIZADO (mm)	POSTE DT	POSTE TUBO DE AÇO GALVANIZADO (mm)	FIXAÇÃO COM PARAFUSO (mm)	FIXAÇÃO EMBUTIDO NA PAREDE (mm)		
POTÊNCIA INSTALADA (kW)	M1	2	1	0 < P ≤ 6,0	1x1x10+10	2x10	6(6)	6(6)	6	1H 16X2400	30/32	25	20	5/7m	150	80X 5/7m	40	40
	M2	2	1	6,0 < P ≤ 11,0	1x1x10+10	2x10	10(10)	10(10)	10	1H 16X2400	50	25	20	5/7m	150	80X 5/7m	40	40
	M3	2	1	11,0 < P ≤ 15,4	1x1x16+16		16(16)	16(16)	10	1H 16X2400	70	25	25	5/7m	150	80X 5/7m	40	40
	B1	3	2	0 < P ≤ 17,6	2x1x10+10		2#10(10)	2#6(6)	6	1H 16X2400	40	32	25	5/7m	150	80X 5/7m	50	50
	B2	3	2	17,6 < P ≤ 22,0	2x1x16+16		2#10(10)	2#10(10)	10	1H 16X2400	50	32	25	5/7m	150	80X 5/7m	50	50
	B3	3	2	22,0 < P ≤ 26,30	2x1x25+25		2#16(16)	2#16(16)	16	1H 16X2400	70	40	40	5/7m	150	80X 5/7m	50	50
DEMANDA PROVÁVEL (kVA)	T1	4	3	0 < D ≤ 26,3	3x1x10+10		3#10(10)	3#6(6)	6	*H 16X2400	40	32	32	5/7m	150	80X 5/7m	50	50
	T2	4	3	26,3 < D ≤ 32,9	3x1x16+16		3#10(10)	3#10(10)	10	*H 16X2400	50	32	32	5/7m	150	80X 5/7m	50	50
	T3	4	3	32,9 < D ≤ 46,05	3x1x25+25		3#25(25)	3#16(16)	10	*H 16X2400	70	40	40	5/7m	150	100X 5/7m	50	50
	T4	4	3	46,05 < D ≤ 65,8	3x1x35+35		3#35(35)	3#25(25)	16	*H 16X2400	100	50	50	5/7m	300	100X 5/7m	50	50
	T5	4	3	65,8 < D ≤ 75	3x1x70+70		3#70(35)	3#50(35)	25	*H 16X2400	125	65	75	5/7m	600			

Fonte: NDU001 (2016, pg. 46)

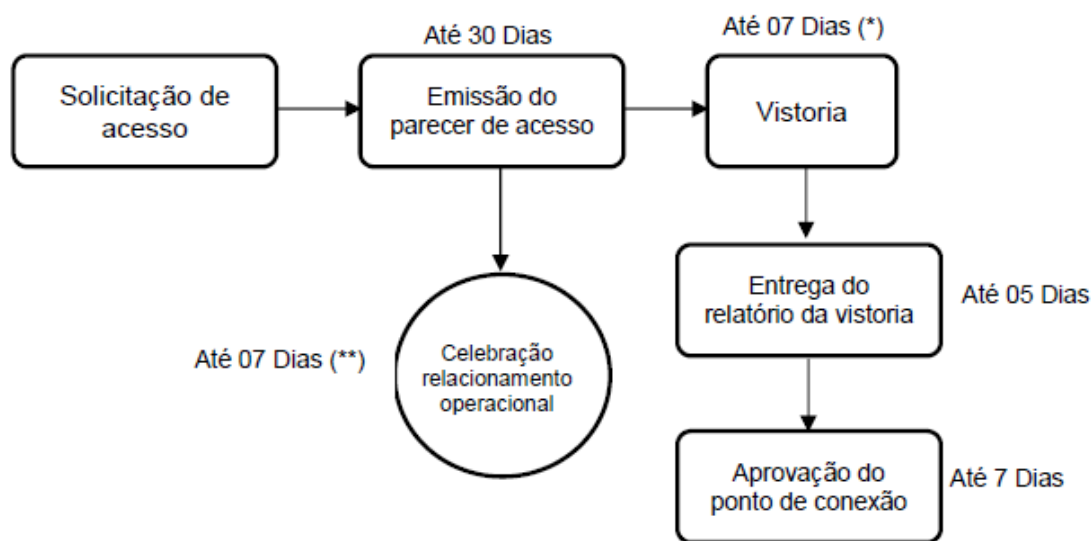
3.4. NDU 013

Este tópico tem intuito de apresentar resumidamente os principais pontos da Norma de Distribuição Unificada 013 utilizados pelo autor. Para uma análise mais complexas deve-se consultar a norma completa disponibilizada na internet.

A Norma de Distribuição Unificada 013 estabelece os requisitos necessários para conexão da rede de distribuição com os sistemas de compensação de energia dos consumidores de baixa tensão (NDU 013, 2015, pg. 1).

Para a realização de um sistema de compensação de energia, é necessário realizar algumas etapas perante a concessionária de energia (ENERGISA). A Fig. 9 ilustra os procedimentos que devem ser realizados para tal solicitação (NDU 013, 2015, pg. 11)

Fig. 9 Processo de solicitação de sistema de compensação de energia



(*) a partir da solicitação de vistoria por parte do acessante.

(**) a partir da aprovação do ponto de conexão.

Fonte: NDU 013 (2015, pg.1)

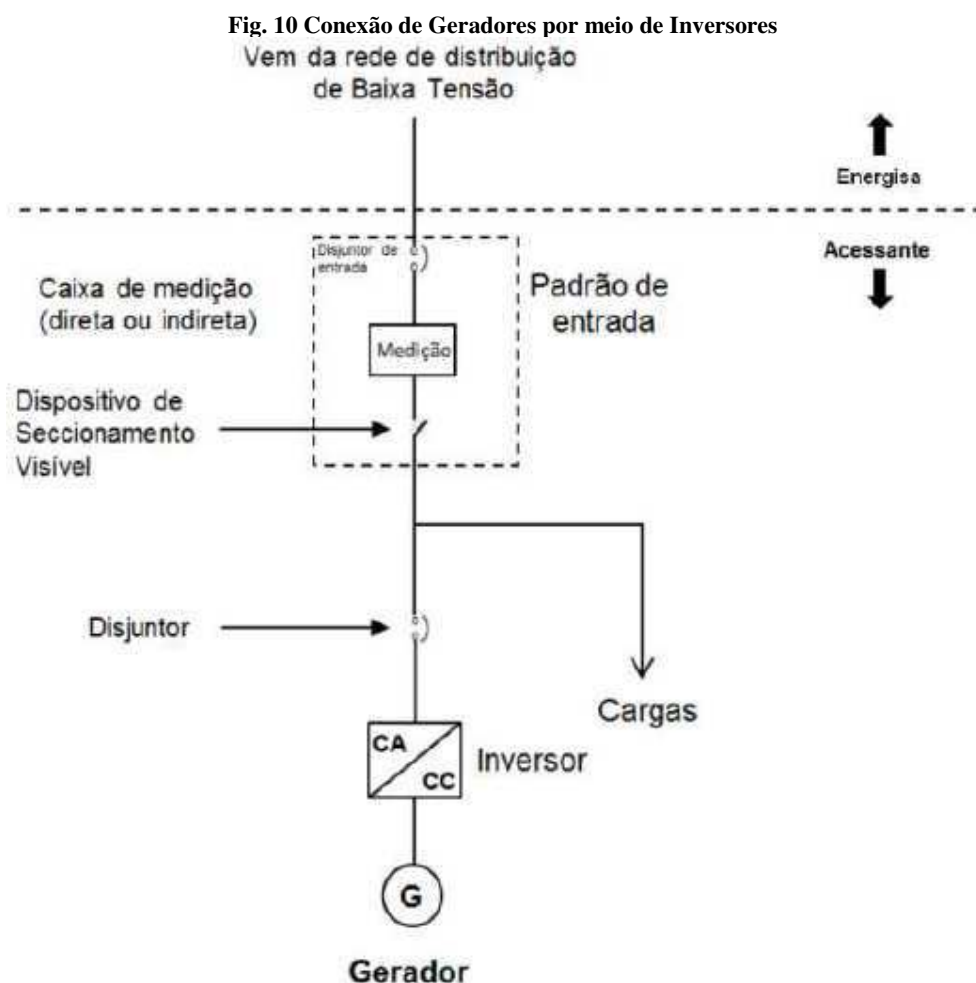
Na etapa de solicitação de acesso é formalizada por meio de formulário específico a ser encaminhado obrigatoriamente à ENERGISA pelo consumidor que se propõe a interligar sistemas de microgeração ao sistema de distribuição (NDU 013, 2015, pg.11). “Os formulários reúnem as informações técnicas e básicas necessárias para os estudos pertinentes ao acesso, bem como os dados que posteriormente serão enviados a ANEEL para fins de registro da unidade de geração” (NDU 013, 2015, pg.12). A documentação prévia que deve ser entregue junto com a solicitação de acesso é apresentada a seguir:

Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo; Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção; Certificado de conformidade do (s) inversor (es) ou número de registro da concessão do INMETRO do (s) inversor (es) para a tensão nominal de conexão com a rede; Dados necessários da central geradora conforme disponível no site da ANEEL; Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de

rateio dos créditos e o enquadramento conforme os incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012; Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver); Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver); Planta baixa e de situação contendo o local de instalação do(s) equipamento(s) de geração, inversor(es), quadros de distribuição e medição (NDU 013, 2015, pg.12).

“Caso a documentação listada acima esteja incompleta, a ENERGISA deve, imediatamente, recusar o pedido de acesso e notificar o consumidor sobre todas informações pendentes” (NDU 013, 2015, pg.13).

“Para conexão de geradores que utilizam um inversor como interface de conexão, como os geradores eólicos ou os geradores solares ou microturbinas, deverão se basear no esquema simplificado a seguir” (NDU 013, 2015, pg.18):

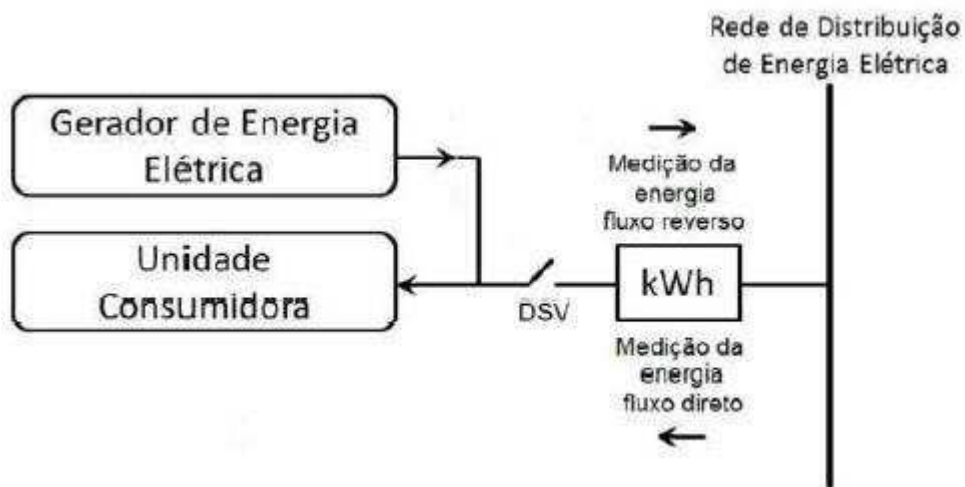


Fonte: NDU 013 (2015, pg.17)

“No sistema de medição de energia utilizado nas unidades consumidoras que façam a adesão ao sistema de compensação de energia deverá ser utilizado um medidor bidirecional” (NDU 013, 2015, pg.20).

Esse medidor tem capacidade de medir a energia disponibilizada pela rede e a injetada na rede, o custo dele deve ser cobrado do consumidor. Outra maneira de medição pode ser empregado, o uso de dois medidores, um para medição da energia da rede e outro da injetada nela, esse maneira será utilizada se for constatado um menor custo ou por pedido do consumidor.

Fig. 11 Disposição simplificado do medidor bidirecional



Fonte: NDU 013 (2015, pg.20)

4. ENERGIA FOTOVOLTAICA

4.1. Fontes Renováveis

O sol é a principal fonte de energia do nosso planeta. A superfície da terra recebe anualmente uma quantidade de energia solar nas formas de luz e calor, suficiente para suprir milhares de vezes as necessidades mundiais durante o mesmo período. Mesmo assim, com poucas exceções, praticamente toda energia usada pelo ser humano tem origem no sol. A energia da biomassa, ou da matéria orgânica, tem origem na energia captada do Sol por meio da fotossíntese, que é a conversão da energia da luz solar em energia química. A energia da água dos rios, usada para mover turbinas de usinas elétricas, tem origem na evaporação, nas chuvas e no degelo provocado pelo calor do sol. A energia dos ventos tem origem nas diferenças de temperatura e pressão na atmosfera ocasionados pelo aquecimento solar. Os combustíveis fósseis como o carvão, o gás natural e o petróleo também tem origem na energia solar, pois são resultados da decomposição da matéria orgânica produzida há muito milhões de anos. Quase todos os tipos de energia existente tem origem no sol.

As fontes renováveis de energia são aquelas consideradas inesgotáveis para os padrões humanos de utilização. Podemos utilizá-las continuamente e nunca se acabam, pois sempre se renovam. Alguns exemplos são as energias solar, aproveitada diretamente para aquecimento ou geração de eletricidade, hidrelétrica, eólica, oceânica, geotérmica e da biomassa. A hidrelétrica, que é a fonte de energia renovável mais utilizada em todo mundo, depende da disponibilidade de água e rios. Esse recurso é infinito desde que não ocorra o esgotamento das bacias hídricas pela ação direta humana ou por alterações climáticas que modificam os regimes pluviométricos. Os ventos também são inesgotáveis e constituem uma fonte de energia renovável, pois vão sempre soprar enquanto existir o calor do sol para aquecer a atmosfera.

É possível questionar até que ponto uma fonte de energia é inesgotável. A ciência aponta que ainda poderemos aproveitar a luz do sol por bilhões de anos, tempo suficiente para considerar inesgotável essa fonte de energia, e as outras que dela derivam, para as necessidades humanas. Embora sejam muito grandes as reservas de petróleo, gás e carvão em todo mundo, a disponibilidade desses recursos fósseis diminui com o uso, portanto são fontes de energia não renováveis. De maneira geral são consideradas renováveis as fontes de energia que não se apoiam em recursos que são reconhecidamente limitados e cujo uso não causa esgotamento. Por outro lado, as fontes de energia não renováveis são baseadas em combustíveis fósseis ou outros recursos minerais que vão se esgotando com o uso. Os exemplos mais conhecidos de

fontes não renováveis são o petróleo, o carvão, o gás natural e o urânio, esse último empregado em usinas termonucleares.

Por maiores que sejam as reservas dos recursos não renováveis, é certo que a humanidade não poderá contar sempre com a energia produzida por essas fontes, embora possam ser levantadas discussões sobre quando o seu esgotamento vai ocorrer. Além de serem limitadas, as fontes são causadoras de diversos danos ambientais, dentre os quais pode se destacar os vazamentos de petróleo no oceanos, a emissão de poluentes pela queima e as contaminações causadas pela estocagem de dejetos radioativo e pela ocorrência de vazamentos em acidentes nucleares que, embora raros, são um risco permanente para o planeta.

4.2. Energia Solar Fotovoltaica

A energia do sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta de luz solar em energia elétrica. Diferentemente dos sistemas solares térmicos que são empregados para realizar o aquecimento ou para produzir eletricidade a partir de energia térmica do sol, os sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica. Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em bateria e utilizadas diretamente em sistemas conectados à rede elétrica.

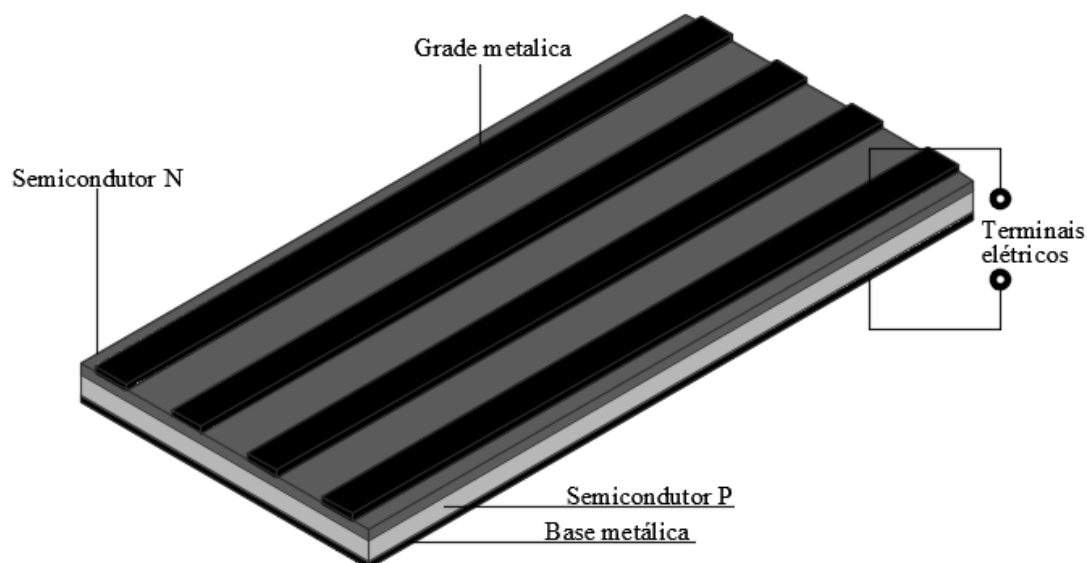
As placas fotovoltaicas podem ser usadas nos telhados e fachadas de residências e edifícios para suprir as necessidades locais de eletricidades. A energia solar fotovoltaica é uma das fontes de energia cujo uso mais cresce em todo mundo.

O efeito fotovoltaico é o fenômeno físico que permite a conversão direta de luz em eletricidade. Esse fenômeno ocorre quando a luz, ou a radiação eletromagnética do sol, incide sobre as célula composta de materiais semicondutores com propriedades específicas. A Fig. 12 ilustra a estrutura de uma célula fotovoltaica composta por duas camadas de material semicondutor P e N, uma grade de coletores metálicos superior e uma base metálica inferior.

A grade e a base metálica inferior são os terminais elétricos que fazem a coleta da corrente elétrica produzida pela ação da luz. A base inferior é uma película de alumínio ou de prata. A parte superior da célula, que recebe a luz, precisa ser translúcida, portanto os contatos elétricos são construídos na forma uma fina grade metálica impressa na célula.

Uma célula comercial ainda possui uma camada de material antirreflexivo, normalmente feita de nitreto de silício ou de dióxido de titânio, necessário para evitar a reflexão e aumentar a absorção de luz pela célula.

Fig. 12 Estrutura de uma célula fotovoltaica



“As camadas semicondutoras da célula podem ser fabricadas com vários materiais diferentes, sendo o mais comum o silício. Cerca de 95% de todas as células fotovoltaicas fabricadas no mundo são de silício” (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 66), pois é um material muito abundante e barato. Um semicondutor é um material que não pode ser classificado como condutor elétrico nem como isolante. As propriedades de um semicondutor pode ser modificadas pela ação de materiais dopantes ou impurezas. Uma célula fotovoltaica é composta tipicamente pela junção de duas camadas de material semicondutor, uma do tipo P e outra N. Existem células de múltiplas junções, que possuem um maior número de camadas, entretanto seu funcionamento é idêntico ao das células de duas camadas. As células de múltipla junções produzem mais energia, porém são mais caras e são utilizadas como as de apenas duas camadas.

O material N possui um excedente de elétrons e o material tipo P apresenta falta de elétrons. Devido a diferença de concentração de elétrons nas duas camadas de materiais, os elétrons da camada N fluem para a camada P e criam um campo elétrico dentro de uma zona de depleção, também chamada de barreira de potencial, no interior da estrutura da célula. “A camada superior de material N de uma célula fotovoltaica é tão fina que a luz pode penetrar nesse material e descarregar sua energia sobre os elétrons” (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 68), fazendo com que eles tenham energia suficiente para vencer a barreira de potencial e movimentar-se da camada N para a camada P. “Os elétrons em movimento são coletados pelos eletrodos metálicos, se houver um circuito fechado os elétrons vão circular em direção aos eletrodos da camada N, formando assim uma corrente elétrica” (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 68).

Existem na atualidade diversas tecnologias para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos. As tecnologias de células fotovoltaicas mais comuns encontradas no mercado são

a do silício monocristalino, a do silício policristalino e a do filme fino de silício (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 69).

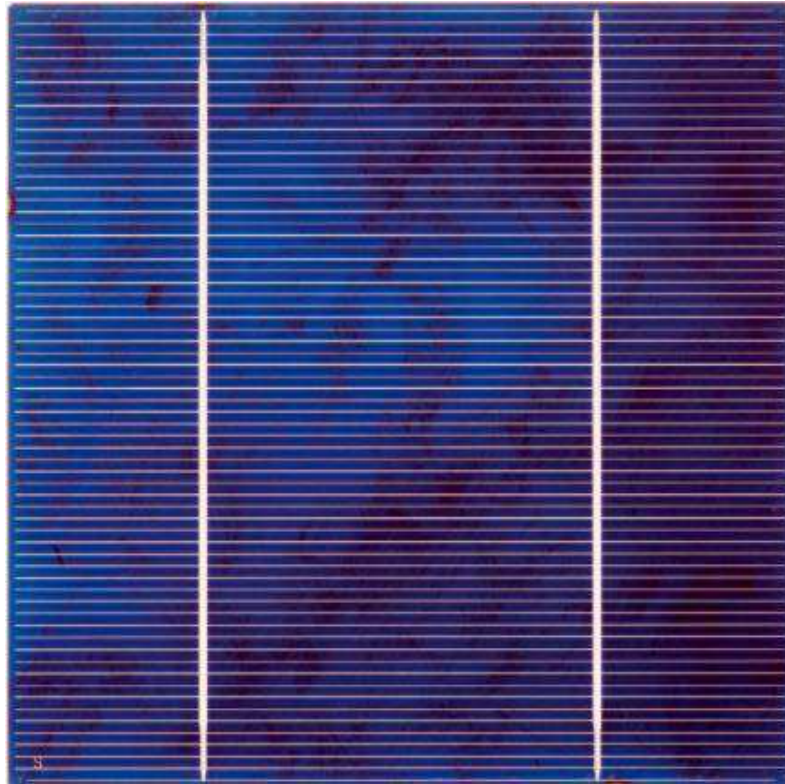
“A células de silício monocristalino são as mais eficientes produzidas em larga escala e disponíveis comercialmente. Alcançam eficiência de 15 a 18%, mas tem um custo de produção mais elevado do que os outros tipos de células” (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 69). São células rígidas quebradiças, que precisam ser montadas em módulos para adquirir resistência mecânica para o uso prático.

Fig. 13 Célula fotovoltaica monocristalina



A células de silício policristalino tem eficiência entre 13 e 15%, ligeiramente inferiores às das células monocristalinas, entretanto seu custo de fabricação é menor do que o das células monocristalinas e isso compensa a redução de eficiência (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 70). As mesmas são células rígidas e quebradiças, que precisam ser montadas em módulos para adquirir resistência mecânica. A Fig. 14 mostra células fotovoltaicas policristalinas, observa-se a presença de manchas em sua coloração devido ao tipo de silício empregado na sua fabricação.

Fig. 14 Célula fotovoltaica policristalina



Os filmes finos são uma tecnologia mais recente, que surgiu após as tecnologias cristalinas já estarem bem desenvolvidas. Diferentemente das células cristalinas, que são produzidas a partir de fatias de lingotes de silício, os dispositivos de filmes finos são fabricados por meio da deposição de finas camadas de materiais sobre uma base que pode ser rígida ou flexível (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 72). Embora apresentem custo relativamente baixo, os dispositivos de filmes finos tem eficiência baixa e necessitam de uma maior área de módulos para produzir a mesma energia que a tecnologia cristalina produz. Uma vantagem frequentemente apontada para os filmes finos é o melhor aproveitamento da luz solar para baixos níveis de radiação e para radiações do tipo difusa (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 72).

“O nome filme fino é usado para designar diferentes tecnologias que existem atualmente, como silício amorfo (aSi), o silício microcristalino (μ Si), a tecnologia de telureto de cádmio (CdTe) e a tecnologia CIGS (cobre – índio – gálio – selênio)” (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 72).

A Tabela 1 apresenta comparação entre algumas tecnologias fotovoltaicas existentes, tanto em laboratório como em produtos comercialmente disponíveis.

Tabela 1 Comparação da eficiência das diversas tecnologias de células fotovoltaicas

Material da célula fotovoltaica	Eficiência da célula em laboratório	Eficiência da célula comercial	Eficiência dos módulos comerciais
Silício monocristalino	24,7%	18%	14%
Silício policristalino	19,8%	15%	13%
Silício cristalino de filme fino	19,2%	9,5%	7,9%
Silício amorfo	13%	10,5%	7,5%
Silício micromorfo	12%	10,7%	9,1%
CIGS	18,8%	14%	10%
Telureto de Cádmio	16,4%	10%	9%

Modificado de: “Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações”, 2012, pg.74

4.3. Painel Fotovoltaico

A célula fotovoltaica é o dispositivo fotovoltaico básico. Uma célula sozinha produz pouca eletricidade, então várias células são agrupadas para produzir painéis, placas ou módulos fotovoltaicos. Os termos módulo, placa ou painel têm o mesmo significado e são usados indistintamente na literatura para descrever um conjunto empacotado de células fotovoltaicas disponível comercialmente. Um módulo fotovoltaico é constituído de um conjunto de células montadas sobre uma estrutura rígida e conectadas eletricamente. Normalmente as células são conectadas em série para produzir tensões maiores.

“Os módulos fotovoltaicos de silício cristalino normalmente encontrados no mercado produzem entre 50 e 250 W de potência, apresentam tensões máxima de até aproximadamente 37 V e podem fornecer em torno de 8 A de corrente elétrica” (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 75).

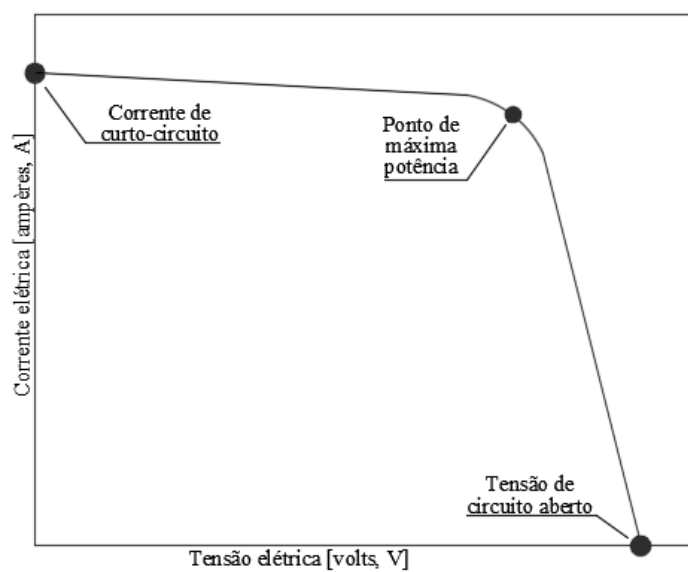
“Os módulos de filmes finos são formados por uma célula única com as dimensões do próprio módulo, em geral encontrados em torno de 50 e 100 W. Esses módulos apresentam tensões de saída maiores, de até 70 V aproximadamente, e são mais difíceis de empregar” (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 75). A corrente de saída é muito pequena e exige uma conexão em paralelo de vários módulos para obtenção de uma maior corrente.

“Uma célula fotovoltaica consegue fornecer uma tensão elétrica de aproximadamente 0,6 V. Para produzir módulos com tensões de saída maiores, os fabricantes conectam várias células em série” (VILALVA, GAZOLI, 2012, pg. 75).

A corrente elétrica produzida por uma célula depende de sua área, pois a corrente elétrica depende diretamente da quantidade de luz recebida pela célula. Quanto maior a área, maior a captação de luz e maior a corrente fornecida. Um módulo fotovoltaico não se comporta como

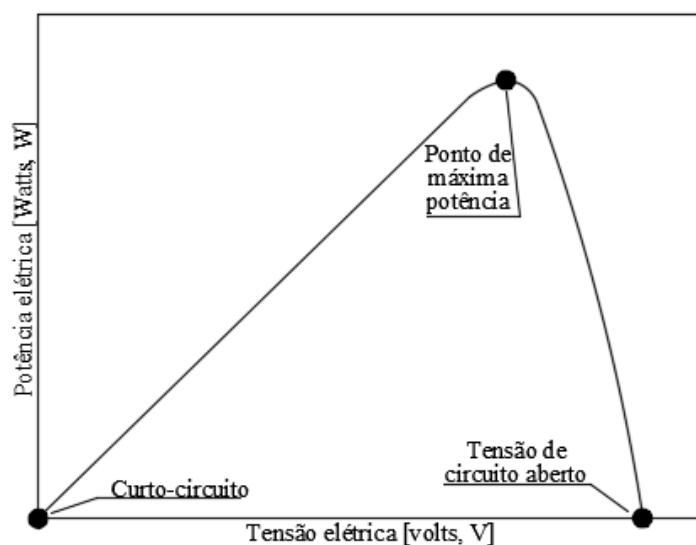
uma fonte elétrica convencional, pois não apresenta uma tensão de saída constante nos seus terminais, a tensão depende da corrente e vice-versa. O ponto de operação do módulo fotovoltaico, ou seja, o valor da tensão e da corrente nos que ele trabalha, depende da carga conectada em seus terminais. Se conectarmos um aparelho que demanda muita corrente, a tensão de saída do módulo tenderá a cair. Por outro lado, se conectarmos uma carga que demanda pouca corrente, a tensão do módulo será elevada, tendendo a tensão de circuito aberto. A Fig. 15 e 16 apresenta a relação de tensão e corrente do módulo fotovoltaico e tensão e potência respectivamente.

Fig. 15 Gráfico Tensão X Corrente célula fotovoltaica



Fonte: Elaboração Própria

Fig. 16 Gráfico Tensão X Potência



4.4. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica

O sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica opera em paralelismo com a rede de eletricidade. Diferentemente do sistema autônomo, o sistema conectado é empregado em locais já atendidos por energia elétrica. O objetivo do sistema fotovoltaico conectado à rede é gerar eletricidade para o consumo local, podendo reduzir ou eliminar o consumo da rede pública ou mesmo gerar excedente de energia.

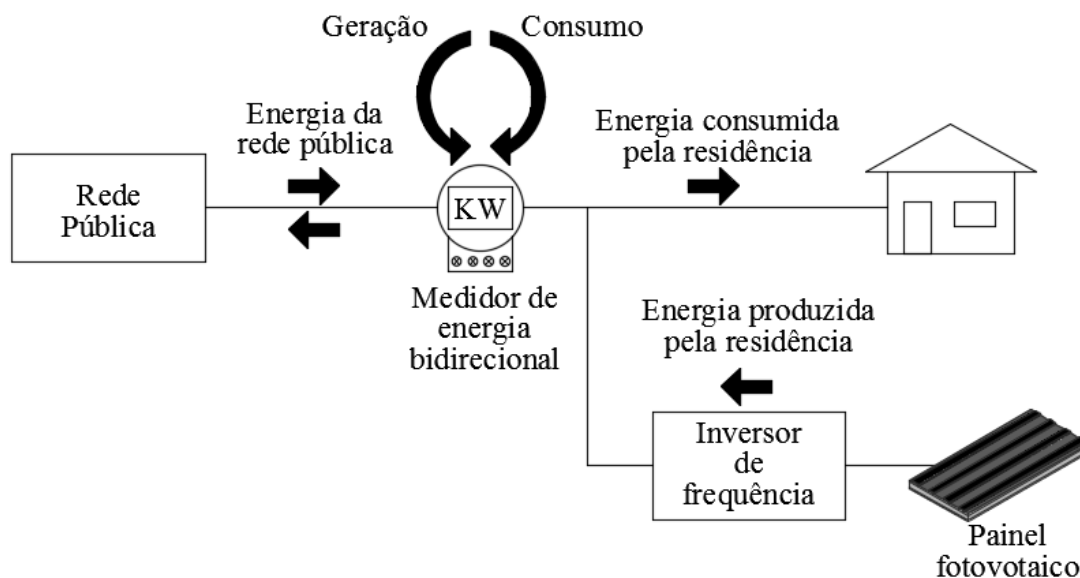
Em alguns países os consumidores são incentivados a produzir excedentes de energia e são remunerados pela eletricidade que exportam. Residências e empresas que possuem sistemas fotovoltaicos conectados à rede e produzem energia excedente deixam de ser consumidores e tornam-se produtores de eletricidade.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede podem ser centralizados, constituindo usinas de geração de energia elétrica, ou micro e minissistemas descentralizados de geração distribuída instalados em qualquer tipo de consumidor. Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três categorias, de acordo com seu tamanho, segundo a ANEEL.

- Microgeração: potência instalada até 100 KW;
- Minigeração: potência instalada entre 100 KW e 1 MW;
- Usinas de Eletricidade: potência acima de 1 MW.

Em 17 de abril de 2012 a ANEEL publicou sua Resolução nº 482, que se tornou um marco histórico para o setor de energias renováveis no Brasil, permitindo o acesso às redes públicas de distribuição aos microgeradores e minigeradores de eletricidade baseados em fontes renováveis. A resolução contempla, além da energia fotovoltaica, as energias hidráulica (na forma de pequenas centrais hidrelétricas), eólica e da biomassa. A referida resolução possibilita, a exemplo do que já ocorre em outros países, que micro e mini sistemas fotovoltaicos sejam construídos por usuários residenciais e empresas, visando à produção de eletricidade para consumo próprio. A Fig.17 esquematiza o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.

Fig. 17 Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica



4.5. Sistema de Tarifação

O sistema de tarifação brasileiro é a tarifação *net metering*, ou medida de energia líquida, é um sistema de medição adotado em alguns países que já empregam sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica.

Nesse tipo de tarifação existe um medidor eletrônico que registra a energia que a residência consome da rede elétrica pública e a energia que a residência produz e eventualmente exporta para a rede elétrica. De acordo com esse sistema de tarifação, no final do mês o consumidor só paga a diferença entre o que consumiu e o que gerou.

O *net metering* permite então registrar a energia que foi exportada pela residência durante o dia, gerando créditos de energia que depois são abatidos na conta da eletricidade. Na prática é como se o proprietário de um microsistema residencial estivesse exportando energia durante o dia, quando não está em casa, e recebendo a energia de volta no período da noite, quando não há sol e a energia obrigatoriamente é consumida da rede elétrica.

Sem a existência de um sistema de tarifação com *net metering*, caso a energia produzida pelo sistema fotovoltaico seja maior que o consumo, o excedente exportado para a rede elétrica não é contabilizado e a energia é perdida, e o proprietário do sistema fotovoltaico não recebe nada por isso.

Os medidores usados no sistema de tarifação são eletrônicos, com a capacidade de medir o fluxo de energia nos dois sentidos, ou seja, tanto a energia consumida como a gerada. São os

chamados medidores eletrônicos de quatro quadrantes. Para conectar o seu sistema fotovoltaico à rede elétrica, o consumidor deve atender as exigências da concessionária, adequando a instalação elétrica de sua residência com as normas e acrescentando os sistemas de proteção que forem exigidos, além de observar se os equipamentos utilizados (inversores, dispositivos de proteção e módulos fotovoltaicos) atendem as certificações nacionais e internacionais vigentes.

O consumidor que possuir um sistema de geração fotovoltaica registrado na concessionária de energia recebe todo mês uma conta de eletricidade que vão constar duas medidas: a energia consumida e a energia gerada. O consumidor paga somente a diferença e verifica mensalmente a economia proporcionada pelo sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.

5. ATIVIDADES REALIZADAS

5.1. Projeto de Instalação Elétrica

O projeto de instalações foi feito pelo autor, com a supervisão do engenheiro, contemplando as residências de um conjunto habitacional em Patos, Paraíba. O empreendimento está em fase de projeto e deve construir residências para beneficiários do Governo do Estado que se encontram na lista de espera. De início, foi feito um estudo sobre as NDU 001 disponibilizada pelo site da ENERGISA e principalmente a NBR5410. O maior entrave neste tipo de projeto é a necessidade de uma redução de custo ao extremo, sem atrapalhar num perfeito e seguro funcionamento das instalações elétricas. Se tratando de conjunto habitacional, o projeto, neste caso, é multiplicado pelo número de casas. Ou seja, há uma necessidade de oferecer os produtos certos e ao mesmo tempo prestar contas aos responsáveis pela verba. Foi dada uma planta baixa completa com o tipo de residência. De início, foi feito um levantamento de carga da iluminação, obedecendo as normas. Após a definição deste, ficou decidido que um único circuito seria necessário para atender toda a iluminação da residência.

A segunda etapa foi para as Tomadas de Uso Específico (TUE). Neste caso, só foram necessárias duas, uma para o chuveiro elétrico e outra para a máquina de lavar. Nenhum motor ou ar condicionado pode ser usado nas residências sem que se faça uma nova ligação nos circuitos vazios que foram deixados. A última etapa é o levantamento de carga das tomadas de uso geral. Na Fig. 18 está o quadro de cargas entregue no projeto.

Fig. 18 Quadro de Cargas

Quadro de Cargas																			
QD1																			
Circ.	Descrição	Iluminação		Tomadas			Chuv.	Pot.	Pot.	Demanda	Fat.	Corr.	FCT	FCA	Corr.	Fases	Prot.	Cond.	Fases
		25W	100W	600W	1140W	4500W	W	V.A	(%)	Pot.	A	Projeto	A	mm2	ABC				
1	Iluminação	7					175	175.00	86%	1	0.68	1	0.65	1.04	1	10A	1.5	A	
2	TUG's		10				1000	1250.0	86%	0.8	4.88	1	0.65	7.51	1	10A	2.5	A	
3	Chuveiro Elétrico					1	4500	4500.0	100%	1	20.45	1	1.0	20.45	1	25A	4.0	A	
4	Máquina de Lavar			1			1000	1111.0	86%	0.9	4.34	1	0.65	6.68	1	10A	2.5	A	
5	TUG's cozinha		4		1		1540	1640.0	75%	0.94	5.59	1	0.65	8.6	1	10A	2.5	A	
Total		7	14	1		1	8215	8676.0	70%		35.94								
Aliment.	Alimentação										25.18				1	32A	6	A	

Demanda conforme NDU 001 Energisa- 8,1 kVA

Fonte: Elaboração Própria

Seguindo as especificações da ENERGISA para o padrão de entrada, na Tabela 2 está descrito as características do ramal de entrada.

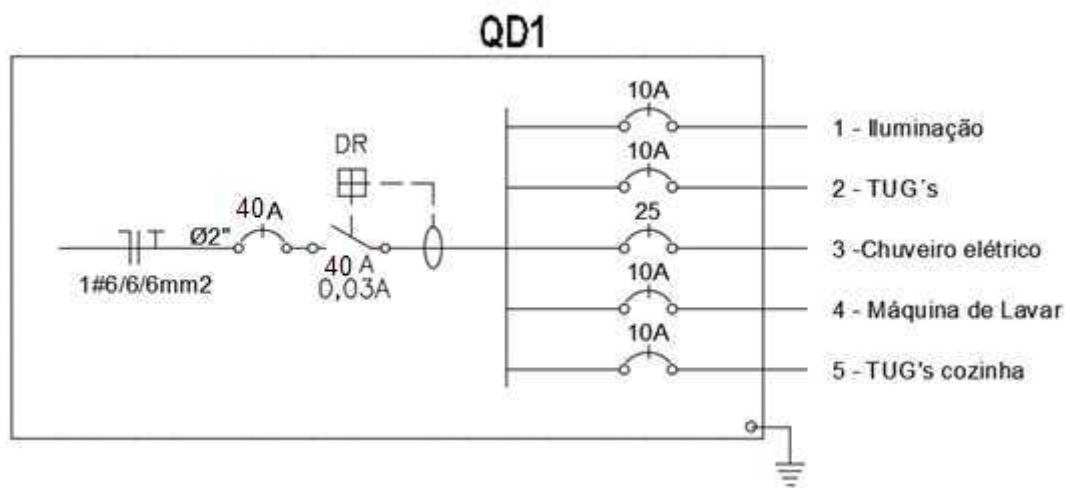
Tabela 2 Ramal de Entrada

Ramal de Entrada - Descrição		
Demanda (kVA)		8,1
Categoria Energisa		M2
Condutores (mm ²)	Ramal de Ligação Concêntrico(Cobre)	2x6
	Aterramento (Cobre)	10
Haste de Aterramento Aço Cobre		1H 16x2400
Dijuntor Termomagnético (Limite Máximo(A))		40
Eletroduto de PVC Rígido (mm)		25
Eletroduto de aço Galvanizado (mm)		20
Poste	Poste DT	5/7 150
	Poste Tubo de Aço Galvanizado	50
Pontaletes	Fixação com Parafuso(mm)	50
	Fixação embutido na parede(mm)	50

Fonte: Elaboração Própria

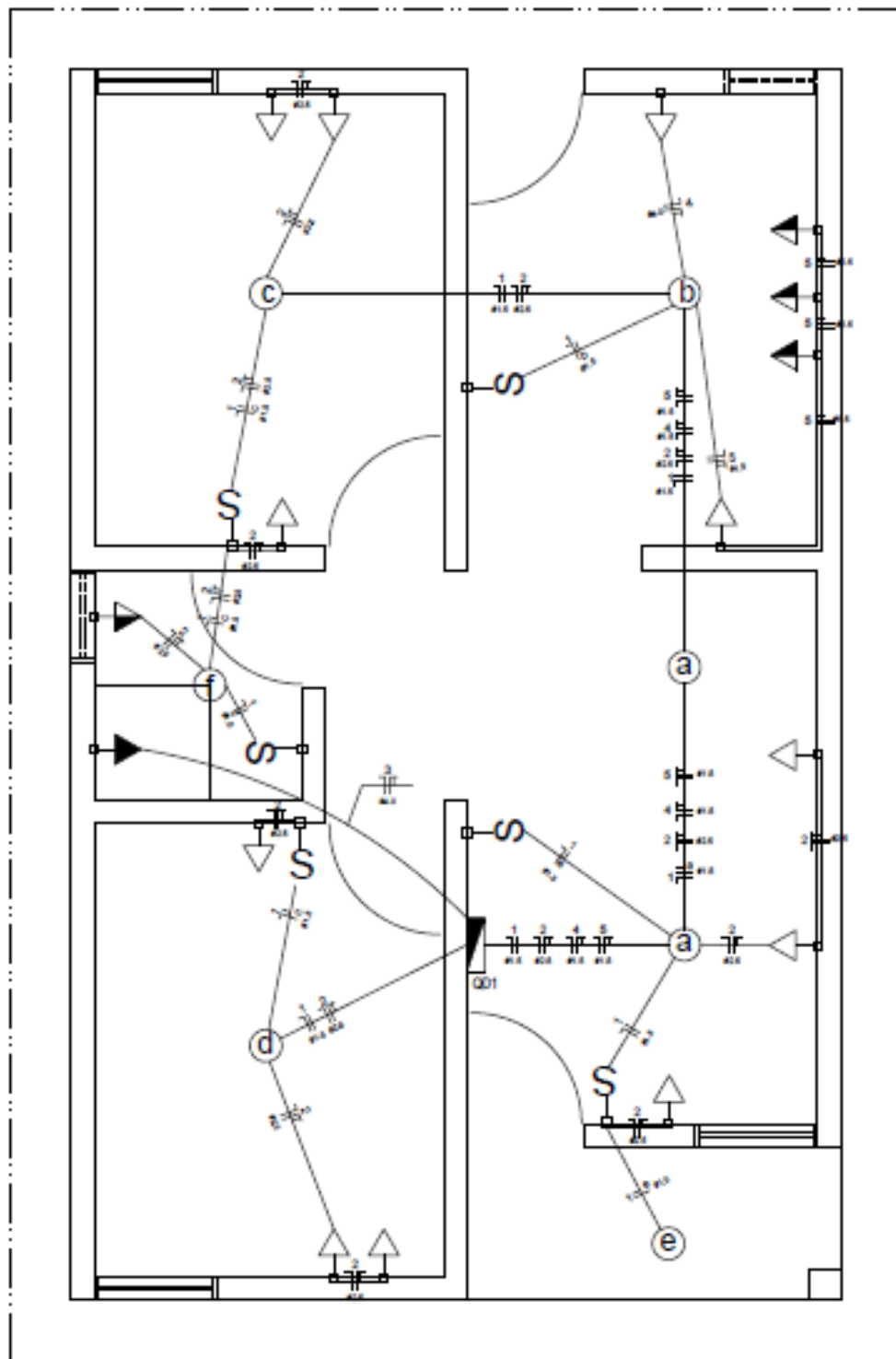
A Fig.19 apresenta o diagrama unifilar da instalação, incluindo os dispositivos de proteção utilizados.

Fig. 19 Diagrama Unifilar



Por fim, na Fig.20 está o projeto de instalação elétrica feita para a residência.

Fig. 20 Projeto Elétrico



Planta Baixa - Inst. Eletricas
 Escala - 1/50

5.1. Especificação projeto fotovoltaico cidade madura

O autor com ajuda do engenheiro responsável realizou uma especificação técnica que tem como objetivo especificar os equipamentos e serviços a serem adquiridos para a implantação dos sistemas solares fotovoltaicos *on grid* no empreendimento a ser construído no município de Guarabira – PB, totalizando 40 unidades habitacionais.

O modelo do sistema fotovoltaico adotado no empreendimento será de geração compartilhada, ou seja, centrais de geração (uma ou mais de uma) com a geração mensal dividida igualmente entre todas as unidades habitacionais. Para atendimento desta condição, deverão ser fornecidos os seguintes equipamentos e serviços: conjunto de painéis solares fotovoltaicos que atendam uma geração mensal mínima de 100 kWh, por unidade habitacional. A potência total instalada no sistema deve possuir uma proporção mínima de 1kWp a cada unidade habitacional. Inversor de frequência, para interligação direta com a rede elétrica, de potência compatível com o número de placas fotovoltaicas instaladas, devendo possuir certificação no INMETRO e aprovação na concessionária (ENERGISA). Projeto do sistema de microgeração fotovoltaica para ser encaminhado à concessionária de energia elétrica local, considerando o a Resolução Normativa 482 da ANEEL (considerando a categoria do Art. 2º Inciso VII) e conforme rege a Norma de Distribuição Unificada NDU 013 – ENERGISA. Instalação (execução) do sistema de geração fotovoltaica e ART de projeto e execução do responsável técnico legalmente habilitado.

Os módulos a serem fornecidos devem ser ensaiados de acordo com o RAC do Inmetro (INMETRO, 2011) e apresentar o respectivo registro e a etiqueta afixada na sua superfície posterior, como a da Fig. 21. Devem possuir rendimento de no mínimo 90% ao longo dos anos de vida útil/garantia.

Os cabos terminais dos módulos fotovoltaicos devem ter isolamento adequado para a máxima tensão do sistema e ser capazes de suportar intempéries. Seus conectores devem possuir grau de proteção IP 67 (Ver Fig.22).

Fig. 21 Modelo de etiqueta do Inmetro afixada nos módulos



Fig. 22 Conectores de engate rápido MC4 para conexão série de módulos fotovoltaicos.



Os inversores utilizados nos sistemas de microgeração solar fotovoltaica deverão atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR IEC 62116:2012 e certificados pelo INMETRO. Excepcionalmente, até que o processo de etiquetagem por parte do INMETRO esteja consolidado, poderão ser aceitos, mediante aprovação da concessionária local e do corpo técnico da CEHAP, inversores que apresentem certificados de laboratórios internacionais acreditados pelo INMETRO.

Deverão possuir as seguintes características:

- Tensão de saída: 220/380 V AC
- Potência: compatível com a potência instalada
- Fator de potência: > 0,92
- Frequência de tensão de saída: 60 Hz.
- Requisitos de Proteção:

Tabela 3 Especificação Proteção Inversor

<i>Requisito</i>	<i>Esp.</i>	<i>Tempo máximo de atuação</i>
Proteção de subtensão (27)	0,85 pu	0,2 seg
Proteção de sobretensão (59)	1,1 pu	0,2 seg
Proteção de subfrequencia (81U)	57,5 Hz	0,2 seg
Proteção de sobrefrequencia (81O)	62,1 Hz	0,2 seg

Os suportes para fixação das placas fotovoltaicas devem ser em ferro galvanizado a fogo, alumínio ou aço inoxidável para que dessa forma seja evitada ao máximo o processo de oxidação da estrutura. Deverá ser apresentado certificação e comprovação da qualidade dos materiais utilizados.

Os projetos devem ser aprovados pela concessionária, conforme rege a NDU 013 ENERGISA. Após a aprovação, os mesmos ficam aptos para serem realizados, ou seja, aptos para execução. Após a montagem, deverá ser encaminhado à concessionária o pedido de vistoria. Somente após a aprovação das instalações, mediante vistoria da concessionária, o sistema será considerado concluído. Após cada etapa descrita anteriormente, o corpo técnico da Cehap deverá ser comunicado para fins de aprovação.

5.2. Visita técnica cidade madura

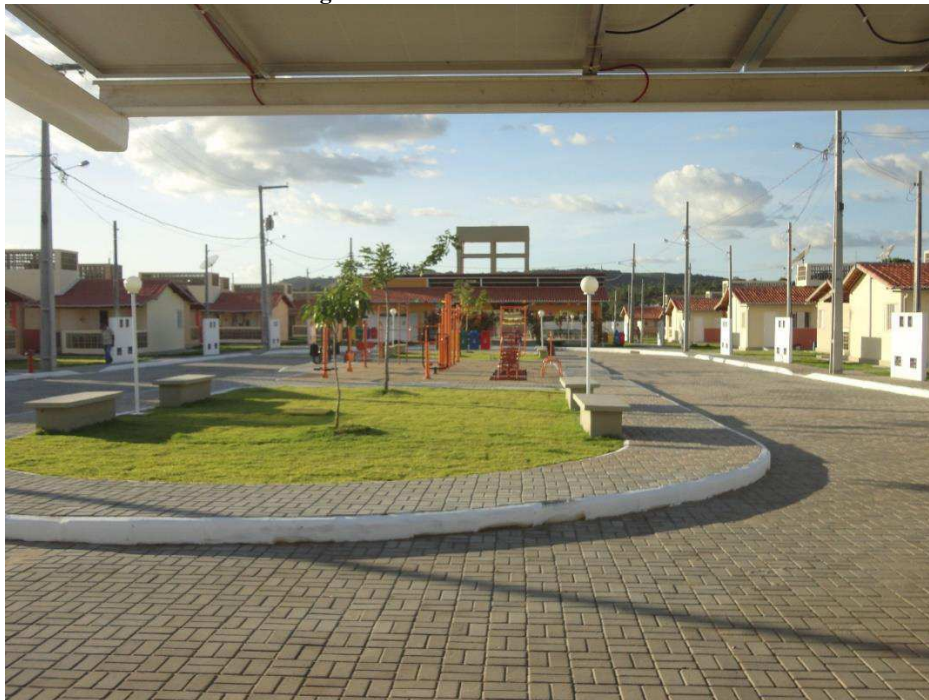
O presente autor realizou uma visita técnica, afim de analisar se as especificações foram atendidas conforme descrito no tópico anterior. A visita foi realizada em 22 de Junho de 2017, a empresa responsável pela execução do projeto foi CIA SOLAR NORDESTE SUSTENTÁVEL.

Os painéis foram instalados conforme a Fig. 23 ilustra, utilizados para formação de um estacionamento. Vale salientar que, a energia gerada pelos painéis é utilizada para alimentação das áreas comuns do condomínio e o que sobra é dividido entre as 40 unidades habitacionais. No dia da visita foi averiguado que o sistema ainda não estava em funcionamento, o motivo alegado que ainda faltam alojar 30 casas. A Fig.24 ilustra a área comum do condomínio, que contempla uma área de lazer e uma clínica de saúde para atendimento dos idosos.

Fig. 23 Foto Painéis Fotovoltaico



Fig. 24 Área Comum Condomínio



O modelo do inversor instalado foi o *Fronius Eco 25.0-3* onde a tabela 4 apresenta as suas especificações gerais. O inversor supracitado atende as normas: IEC 61727 que caracteriza a rede elétrica no ponto de conexão, IEC 62116 que explana procedimento de teste de métodos de detecção de ilhamento para inversores fotovoltaicos conectados à rede elétrica e VDE 0126-1-1 que visa a desconexão automática de geradores da rede elétrica pública de baixa tensão. As

especificações do inversor foram atendidas conforme mostra a tabela 4 e as normas especificadas também foram atendidas. A Fig.22 apresenta o modelo do inversor supracitado.

Fig. 25 Foto Inversor de frequência



Tabela 4 Dados Inversor Fronius Eco 25.0-3-S

Fronius Eco 25.0-3-S	
Dados de entrada	
Máx. Corrente de entrada	44.2 A
Máx. Corrente de curto circuito	71.6 A
Min. Tensão de entrada	580 V
Máx. Tensão de entrada	1000 V
Tensão nominal	580 V
Número de entradas MPPT	1
Número de conexões CC	6
Máxima potência de saída CC	37.8 kWp
Dados de saída	
Potência nominal	25000 W
Máx. Potencia	25000 VA
Corrente de saída	37.9 A / 36.2 A
Tensão de conexão com a rede	3 - 380 / 220
Frequência	50 Hz / 60 Hz
THD	< 2 %
Fator de potência	0 -1 ind./ cap.
Dados Gerais	
Peso	35.7 Kg
Variação temperatura ambiente	-25 C até 60 C
Humidade permitida	0 % até 100 %
Máx. altitude	2000 m
Máx. Eficiência	98,20%
MPPT eficiência	> 99,9 %

Consumo de noite < 1 W
Modificado de: Data-sheet Fronius Eco 25.0-3-S

A Fig.26 apresenta a etiqueta do Inmetro fixado no painel fotovoltaico, indicando que os módulos foram ensaiados de acordo com o RAC do Inmetro (INMETRO, 2011).

A Fig.27 apresenta os conectores de engate rápido tipo MC4 para conexão em série de módulos fotovoltaicos, eles possuem grau de proteção IP 67 que atende as especificações. Os suportes averiguados foram de aço inox como o especificado.

Fig. 26 Foto Módulo Fotovoltaico



Fig. 27 Foto Conector tipo MC4



A Fig. 28 apresenta a foto dos dispositivos de proteção do sistema. O disjuntor trifásico se encontra mais à esquerda e DPS (dispositivo de proteção contra surtos) se encontra mais à direita.

Fig. 28 Foto Dispositivos de Proteção



Além de apresentar um sistema de geração fotovoltaica conectado à rede, o condomínio apresenta também um sistema de recuperação de água da chuva, visando a utilização para irrigação de plantas e fins de limpeza. A Fig. 29 apresenta a edificação responsável por esse armazenamento e bombeamento da água.

Fig. 29 Estação de aproveitamento de água da chuva



Fonte: Vila dos Idosos, Guarabira

O autor pode concluir que as especificações técnicas a que a empresa CIA SOLAR NORDESTE SUSTENTÁVEL foi submetida, foram seguidas com o adeto de ainda faltar a inspeção da ENERGISA para instalação do relógio de medição bidirecional. O sistema não se encontra em funcionamento, isso decorre por todas as habitações não terem sido todas contempladas. A empresa se comprometeu a realizar o pedido de inspeção da ENERGISA no final do mês de Julho, data essa que tem previsão de contemplar todas as casas do condomínio.

6. CONCLUSÃO

Durante o período correspondente ao estágio, ficou evidenciado que o Estágio Integrado é uma componente importante dentro do currículo de um estudante de Engenharia. O convívio com engenheiros e técnicos amadurece o futuro profissional e ensina a conviver num ambiente de trabalho que exige os mais diversos conhecimentos.

Durante a realização do estágio as disciplinas Gerenciamento de Energia, Instalações Elétricas, Laboratório de Instalações Elétricas, Equipamentos Elétricos e Geração de Energia foram as que mais contribuíram para as atividades realizadas. Como o estágio é oferecido por um setor que além de projetar novas instalações elétricas em baixa, média e alta tensão gerencia as obras e os reparos feitos em vários conjuntos habitacionais, os conceitos de gerenciamento, administração e economia são tão importante quanto os conceitos de engenharia elétrica.

Vale salientar o conhecimento adquirido no estágio em relação a sistemas fotovoltaicos, tanto de sistemas isolados como conectado à rede, desde a especificação de projetos, como entendimento do funcionamento dos seus equipamentos e conhecimento sobre as normas regentes no Brasil.

O estagiário contribuiu com a elaboração de projeto elétrico de um conjunto de casas que será contemplado na cidade Patos, Paraíba, que se encontra em fase de projeto. Realizou especificação do sistema fotovoltaico a ser implementado no programa cidade madura, localizado na cidade de Guarabira, que tem intuito de atender pessoas idosas. Realizou visita técnica na cidade de Guarabira para averiguação das especificações técnicas do projeto

fotovoltaico, concluiu-se que a empresa responsável realizou tudo de acordo com as especificações com adendo de pedir a ENERGISA a inspeção do sistema e ligação do mesmo. Outras atividades foram realizadas, mas de menor importância em relação as apresentadas no relatório.

Destaca-se que as atividades desenvolvidas atingiram os objetivos propostos pelo Setor de Projetos, e que as soluções apresentadas foram de fato consolidadas para uma melhoria nas construções da CEHAP.

7. REFERÊNCIAS

- [1] VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. Energia Solar Fotovoltaica; São Paulo: Érica, 2012
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações Elétricas de baixa tensão, elaboração. Rio de Janeiro,2004.
- [3] NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA. NDU 001: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão secundária, 2015, Disponível em :< www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/ndu001.pdf>
- [4] NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA. NDU 013: Critérios para a Conexão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição da Energisa – Conexão em baixa Tensão, 2015, Disponível em :< www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/ndu013.pdf>
- [5] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADEINDUSTRIAL. INMETRO: Portaria nº 004, 2011, Disponível em < www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001652.pdf>

[6] DATASHEET FRONIUS ECO 25.0-3-S; Disponível em
<www.portalsolar.com.br/.../Inversores>