JOSÉ ARNALDO VILLAMARIM JÚNIOR

**Análise da viabilidade técnica-econômica de um sistema eólico-
fotovoltaico com conexão à rede elétrica
suprindo uma estação rádio base de telefonia celular no estado de
São Paulo**

São Paulo

2016

JOSÉ ARNALDO VILLAMARIM JÚNIOR

**Análise da viabilidade técnica-econômica de um sistema eólico-
fotovoltaico com conexão à rede elétrica
suprindo uma estação rádio base de telefonia celular no estado de
São Paulo**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da USP para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Sistemas de Potência

Orientador: Prof. Dr. José Aquiles Baesso
Grimoni

São Paulo

2016

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Villamarim Júnior, José Arnaldo

Análise da viabilidade técnica-econômica de um sistema eólico fotovoltaico com conexão à rede elétrica suprimindo uma estação rádio base de telefonia celular no estado de São Paulo / J. A. Villamarim Júnior -- versão corr. -- São Paulo, 2016.

136 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1.Energia eólica 2.Geração de energia elétrica 3.Energia solar
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II.t.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, em especial à minha mãe Maria Imaculada, pela dedicação e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

À Adriana, minha esposa, pelo apoio e compreensão durante o tempo em que me fiz ausente para concluir mais essa jornada.

Às minhas filhas Annita e Angelina, motivo de amor e felicidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. José Aquiles Grimoni, pela confiança em mim depositada desde o início e pela orientação neste trabalho.

À empresa Oi e aos companheiros de trabalho Thiago Cavalcante, Fabio Penninck, Alexandre Rodrigues, Alessandro Souza, Henry Melendez, José André, Gilvano Alves, Elmo Marques, Cristiano Pereira e todos os colegas de empresa que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento e conclusão desse trabalho.

Aos amigos Erivelton Geraldo Nepomuceno e Ronaldo Guimarães, pelo grande apoio que viabilizou o início dessa jornada. Eu sou muito grato pelo companheirismo e credibilidade colocada na minha pessoa.

À toda minha família, pelo importante papel na consolidação da formação da minha educação e do meu caráter.

E à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pela oportunidade oferecida de adquirirmos conhecimento e contribuirmos para a consolidação e desenvolvimento da área de Energia.

“Tenha sempre como meta muita força, dedicação, determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus que um dia você chega lá”.

Ayrton Senna

RESUMO

O desenvolvimento sustentável busca satisfazer as necessidades humanas no presente sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades da sociedade no futuro. Com a demanda crescente por energia, a diversificação da matriz energética atual e a busca por fontes renováveis complementares tornam-se cada vez mais importantes. Entre essas fontes as energias provenientes do sol e das correntes de ar se destacam como duas das mais promissoras e, na busca pelo aproveitamento direto da radiação solar e da energia cinética oriunda dos ventos, diversas tecnologias tem sido estudadas e desenvolvidas. No Brasil, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL (2016) as fontes de energia eólica e solar fotovoltaica representam pouco mais de 6% do total considerando os empreendimentos em operação, o que indica uma oportunidade para a expansão da geração de energia elétrica utilizando estas fontes limpas. Considerando, então, a relevância que a geração renovável de energia assume nesse contexto, este trabalho detalha a implantação, discute os resultados obtidos e estuda a viabilidade técnica-econômica da instalação de um projeto de geração eólico isolado e fotovoltaico com conexão à rede elétrica de distribuição, sob o âmbito das Resoluções Normativas número 482/2012 e 687/2015 da ANEEL, fornecendo energia a uma estação rádio base de telefonia celular no estado de São Paulo.

Palavras-chave: Energia eólica. Energia solar fotovoltaica. Geração distribuída. Estação rádio base.

ABSTRACT

Sustainable development seeks to meet human needs in the present without compromising the ability to meet the needs of society in the future. With the growing demand for energy, the diversification of the energy matrix and the search for complementary renewable sources become increasingly important. Among these sources, the energy from the sun and air currents stand out as two of the most promising and in the search for direct use of solar radiation and kinetic energy from the wind, several technologies have been studied and developed. In Brazil, according to the Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL 2016) the sources of photovoltaic solar and wind energy account for just over 6% of total considering the projects in operation, indicating an opportunity for the expansion of electricity generation using these clean sources. So considering the importance that renewable energy generation takes this context, this paper details the implementation, discusses the results and assessing the technical and economic feasibility of installing a isolated wind generation and a photovoltaic generation project with connection to the electrical distribution network, under the scope of Normative Resolution number 482/2012 and 687/2015 of ANEEL, providing power to a radio station cellular base in the state of São Paulo.

Keywords: Wind energy. Photovoltaic solar energy. Distributed Generation, Base Transmission Station.

LISTA DE FIGURAS

Figura1 - Evolução dos equipamentos de conversão de energia fotovoltaica.....	31
Figura 2 – Camadas de um módulo fotovoltaico típico.....	31
Figura 3 – Modulo fotovoltaico mono e poli cristalino.....	32
Figura 4 – Módulo fotovoltaico filme fino.....	33
Figura 5 – Esquema simplificado de um SFCR.....	36
Figura 6 – Curva de eficiência do inversor em função da carga em diferentes níveis de tensão de entrada.....	42
Figura 7 - Componentes básicos dos aerogeradores de eixo horizontal.....	47
Figura 8 – Subsistema de estação base (BSS) – cobertura da rede móvel.....	55
Figura 9 – Exemplo de rede SDH.....	57
Figura 10 – Localização geográfica da ERB escolhida.....	62
Figura 11 – Estrutura física da ERB existente.....	63
Figura 12 – Entrada e distribuição de energia alternada.....	64
Figura 13 – Equipamentos de telecomunicação celular e energia.....	64
Figura 14 – Topologia da estação concentradora de rádios micro-ondas.....	65
Figura 15 – Irradiação solar global média na região de Campinas - SP.....	69
Figura 16 – Mapa da velocidade média do vento em m/s no Sudeste.....	70

Figura 17 – Linha do tempo: implantação do projeto.....	80
Figura 18 – Representação do projeto de geração de energia eólico e fotovoltaico.....	81
Figura 19 – Disposição esquemática dos equipamentos de geração eólica.....	82
Figura 20 – Disposição esquemática dos equipamentos de geração fotovoltaica.....	83
Figura 21 – Montagem das estruturas metálicas de sustentação dos módulos fotovoltaicos.....	88
Figura 22 – Montagem dos alicerces de sustentação aerogeradores.....	89
Figura 23 – Módulos fotovoltaicos e inversor instalados.....	90
Figura 24 - Diagrama unifilar do SFCR.....	91
Figura 25 – Placa sinalizadora de geração própria de energia.....	96
Figura 26 – Aerogeradores instalados.....	97
Figura 27 – Controlador de carga instalado.....	97
Figura 28 – Sistema de armazenamento de energia.....	98
Figura 29 – Rede SDH existente: anéis de proteção entre as pontas A e B.....	101
Figura 30 – Topologia do sistema de monitoramento remoto da geração fotovoltaica.....	102
Figura 31 – Elementos de Rede SDH e Rota de Fibra Ótica.....	103
Figura 32 – Topologia do sistema local de aquisição de dados do sistema eólico.....	105

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Participação das fontes de geração na capacidade instalada em dezembro/2024.....	21
Gráfico 2 – Histograma e curva Gaussiana.....	49
Gráfico 3 – Curva de potência de um aerogerador em função da velocidade do vento.....	50
Gráfico 4 – Tráfego de voz nos dois setores existentes da ERB.....	66
Gráfico 5 – Tráfego de voz e dados da ERB existente durante o período de dois dias consecutivos no mês de setembro de 2015.....	67
Gráfico 6 – Velocidade média sazonal do vento a 50 m de altura.....	71
Gráfico 7 – Histograma do comportamento do vento na região de Campinas.....	73
Gráfico 8 – Histórico de consumo dos anos de 2014 e 2015.....	74
Gráfico 9 – Histórico de pagamento dos anos de 2014 e 2015	74
Gráfico 10 – Curva de carga média diária da ERB.....	75
Gráfico 11 – Curva de operação do aerogerador.....	84
Gráfico 12 – Estimativa anual de geração de energia fotovoltaica.....	98
Gráfico 13 – Estimativa anual da geração de energia dos aerogeradores 1 e 2.....	99
Gráfico 14 – Geração de energia do sistema fotovoltaico.....	106
Gráfico 15 – Geração de energia do sistema eólico.....	107
Gráfico 16 – Curva horária de geração de energia do sistema eólico e fotovoltaico.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade instalada (MW) de geração de energia elétrica – 2014/2015.....	21
Tabela 2 – Coeficiente n para diferentes tipos de superfícies.....	45
Tabela 3 – Dados gerais da ERB.....	62
Tabela 4 – Temperatura e umidade relativa média – ERB.....	68
Tabela 5 – Irradiação mensal média.....	69
Tabela 6 - Velocidade média do vento.....	71
Tabela 7 - Velocidade média do vento do ano de 2014.....	72
Tabela 8 – Características técnicas dos aerogeradores.....	84
Tabela 9 – Características principais do controlador de carga.....	85
Tabela 10 – Características principais das baterias.....	86
Tabela 11 – Características principais dos módulos fotovoltaicos.....	86
Tabela 12 – Características principais do inversor on grid.....	87
Tabela 13 – Ajustes de tensão do inversor.....	94
Tabela 14 – Ajustes de frequência do inversor.....	94
Tabela 15 – Características Técnicas do CAN-03.....	104
Tabela 16 – Geração de energia e monetária anual do sistema fotovoltaico com ICMS.....	112

Tabela 17 – Geração de energia e monetária anual do sistema fotovoltaico - ICMS isento	113
Tabela 18 – Geração de energia real e monetária anual do sistema fotovoltaico – ICMS isento.....	114
Tabela 19 – Geração de energia e monetária anual do sistema fotovoltaico ideal – ICMS isento.....	115
Tabela 20 – Geração de energia e monetária anual do sistema eólico com ICMS.....	116
Tabela 21 – Geração de energia e monetária anual do sistema eólico e fotovoltaico com ICMS.....	117
Tabela 22 – Geração de energia e monetária anual do sistema eólico e fotovoltaico.....	118
Tabela 23 – Resumo comparativo da análise de viabilidade econômica.....	119

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL-----	Agencia Nacional de Energia Elétrica
BSS-----	Base Station Subsystem
CA-----	Corrente Alternada
CBEE-----	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CC-----	Corrente Contínua
CDB-----	Certificado de título bancário
CDE-----	Conta de Desenvolvimento Energético
CELPE-----	Companhia Energética de Pernambuco
CNPJ-----	Cadastro de Pessoa Jurídica
CONFAZ-----	Conselho Nacional de Política Fazendária
CPF-----	Cadastro de Pessoa Física
DHCP-----	Dynamic Host Configuration Protocol
DPS-----	Dispositivo de Proteção contra Surtos
ECSA-----	Exchange Carriers Standards Association
ERB-----	Estação Rádio Base
ETA-----	Estação Terminal de Acesso
ETH-----	Ethernet
FDI-----	Fator de dimensionamento do inversor
GD-----	Geração Distribuída
GPRS-----	General Packet Radio Services
HSP-----	Horas de Sol Pleno
ICMS-----	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.
IGPM-----	Índice Geral de Preços de Mercado

INMETRO---Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IRT-----Índice de Reajuste Tarifário

ITU-----International Telecommunication Union

LGT-----Lei Geral das Telecomunicações

MPPT-----Maximum Power Point Tracking

OPEX-----Operational Expenditure

PDE-----Plano Decenal de Expansão 2024

PROINFA--Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

PS-----Payback Simples

PVC-----Policloreto de Vinila

REN-----Resolução Normativa

SDH-----Synchronous Digital Hierachy

SFCR-----Sistema fotovoltaico conectado à rede

SFV-----Sistema Fotovoltaico

SONET-----Synchronous Optical Network

TDM-----Time Division Multiplexing

TIR-----Taxa Interna de Retorno

TMA-----Taxa Mínima de Atratividade

TUSD-----Tarifas de uso dos sistemas elétricos de distribuição

TUST-----Tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão

VPL-----Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Motivação do trabalho.....	25
1.2 Objetivos gerais e específicos.....	27
1.3 Metodologia	28
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	30
2.1 A Geração fotovoltaica	30
2.1.1 Evolução	30
2.1.2 Tipos de células	32
2.1.3 Associação de módulos e tipos de sistemas fotovoltaicos	34
2.1.4 Inversores	35
2.1.5 Sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR).....	36
2.1.6 Projeto de um SFCR	36
2.1.6.1 Avaliação do recurso solar	37
2.1.6.2 Localização	38
2.1.6.3 Levantamento da demanda e do consumo de energia.....	38
2.1.6.4 Dimensionamento do gerador fotovoltaico.....	39
2.1.6.5 Dimensionamento do inversor	40
2.2 A geração eólica	42
2.2.1 Avaliação dos recursos eólicos - caracterização dos ventos	44
2.2.2 Aerogeradores de eixo horizontal – aspectos construtivos	46
2.2.3 Estimativa do potencial eólico	47
2.3 A geração distribuída no Brasil	50
2.4 O marco regulatório.....	51
2.5 Telecomunicações: definições e conceitos básicos	54
2.5.1 Estação Radio Base (ERB).....	55
2.5.2 Redes de transporte e transmissão de dados	56
2.6 Coleta de dados (Data Logger)	57
2.7 Métodos de avaliação econômica.....	58
2.7.1 Valor presente líquido (VPL).....	58
2.7.2 Taxa interna de retorno (TIR)	59
2.7.3 Payback simples.....	60

3.	CARACTERÍSTICAS DA LOCALIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO	61
3.1	Designação da ERB para implantação do projeto	62
3.2	Características climatológicas	68
3.2.1	Temperatura e umidade relativa média	68
3.2.2	Radiação solar	68
3.2.3	Dados dos ventos	70
3.3	Dados de energia elétrica	73
3.3.1	Histórico do consumo e pagamento de energia elétrica	73
3.3.2	Curva de carga da ERB.....	75
3.4	Especificação do sistema de geração próprio ideal.....	76
3.4.1	Sistema fotovoltaico	76
3.4.2	Sistema eólico.....	78
4.	IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICO E FOTVOLTAICO	80
4.1	Representação da ERB e do projeto eólico-fotovoltaico.....	81
4.2	Características técnicas dos equipamentos.....	83
4.2.1	Aerogeradores	83
4.2.2	Controlador de carga	85
4.2.3	Sistema de armazenamento de energia	85
4.2.4	Módulos fotovoltaicos	86
4.2.5	Inversor on grid	87
4.3	Instalação do sistema de geração eólico e fotovoltaico	87
4.3.1	Implantação civil	88
4.3.2	Instalação do sistema de geração fotovoltaico.....	89
4.3.2.1	String de módulos fotovoltaicos	91
4.3.2.2	Especificação do cabeamento de Corrente Contínua.....	92
4.3.2.3	Chave seccionadora dos circuitos de corrente contínua	92
4.3.2.4	Dispositivo de proteção elétrica contra sobretensões e transientes (surtos)- corrente contínua.....	92
4.3.2.5	Sistema de proteção contra descargas atmosféricas.....	93
4.3.2.6	Inversor	93
4.3.2.7	Especificação do cabeamento de corrente alternada	95
4.3.2.8	Dispositivo de proteção e manobra contra sobrecorrentes	95
4.3.2.9	Dispositivo de proteção elétrica contra sobretensões e transientes (surtos) - corrente alternada	95

4.3.2.10 Sinalização de segurança.....	96
4.3.3 Instalação do sistema de geração eólico.....	96
4.4 Estimativas de geração de energia	98
4.4.1 Sistema fotovoltaico	98
4.4.2 Sistema eólico.....	99
4.5 Sistema de aquisição de dados e monitoramento remoto.....	100
4.5.1 Sistema de aquisição de dados e monitoramento remoto do sistema fotovoltaico.....	100
4.5.2 Registrador de dados autônomo do sistema eólico.....	103
5. RESULTADOS.....	106
5.1 Geração Fotovoltaica.....	106
5.2 Geração Eólica	106
5.3 Sistema eólico e fotovoltaico	107
5.4 Análise financeira	109
5.4.1 Tarifa de energia.....	109
5.4.2 Sistema fotovoltaico implantado – 4,3 kWp	111
5.4.3 Sistema fotovoltaico ideal – 10 kWp.....	114
5.4.4 Sistema eólico.....	116
5.4.5 Sistema eólico e fotovoltaico	117
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	120
REFERÊNCIAS	124
APÊNDICES.....	128

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda e consumo de energia decorrente do progresso tecnológico e do avanço no desenvolvimento são apontados como fatores significativos na aceleração das alterações climáticas e ambientais observadas e descritas pela comunidade científica em todo o mundo. Assim, o impacto das políticas energéticas sobre a sociedade e sobre o meio ambiente tornou-se mais evidente e criou a necessidade de se optar por fontes de energia que possam abastecer a humanidade de forma inesgotável e que possam também desempenhar importante papel no desenvolvimento dos países.

Por ser tão importante para o desenvolvimento humano, a busca por novas fontes e formas de produção de energia elétrica é constante e essencial para se combater o aquecimento global e alcançar o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, vários países vêm adotando políticas de incentivo ao uso de fontes renováveis, entre as quais as energias solar e eólica, em substituição às fontes de origem fóssil, que liberam CO₂ na atmosfera e contribuem vigorosamente para o aumento do efeito estufa.

O grande potencial do Brasil em energia renovável está também nos segmentos de energia solar e eólica, já que é um dos países com maior índice de radiação solar do mundo e ventos contínuos em grande parte do território, principalmente na costa e nordeste. As questões que englobam energias limpas ganham cada vez mais destaque com a atenção dos governos para novas formas e usos de recursos renováveis e leilões destinados aos diferentes segmentos.

Além da consolidação e desenvolvimento das chamadas redes inteligentes ou *Smart Grids*, a geração de energia através das fontes provenientes do sol e das correntes de ar se destaca como duas das mais promissoras e, na busca pelo aproveitamento direto da radiação solar e da energia cinética oriunda dos ventos, diversas tecnologias tem sido estudadas e desenvolvidas, dentre elas a conversão fotovoltaica, a conversão térmica, a arquitetura bioclimática e os aeorogeradores com conversores plenos e duplamente alimentados sem escovas.

Seguindo essa tendência, o Brasil já observa o estabelecimento de políticas voltadas ao incentivo à expansão de energias renováveis, incluindo geração distribuída (GD) de pequeno porte, o crescimento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) de novas tecnologias nessa área, com destaque para redes inteligentes, além de discussões mais amplas sobre a indústria de energia elétrica, envolvendo o governo, os agentes do setor, a mídia e os próprios consumidores (MACEDO, 2013).

A característica continental do Brasil e a sua localização geográfica são pontos de apoio importante para o aproveitamento das fontes eólica e solar. No caso da eólica, ambas têm permitido a implantação de parques eólicos localizados em diferentes regiões com diferentes regimes de ventos e, além disso, os fatores de capacidade dos parques eólicos vencedores dos leilões de energia têm sido mais altos do que os valores médios globais. No caso da solar, favorecem elevados índices de irradiação em quase todo o território nacional, pelo fato de o Brasil estar situado numa região com incidência mais vertical dos raios solares. Adicionalmente, a proximidade à linha do equador faz com que haja pouca variação na incidência solar ao longo do ano, de modo que, mesmo no inverno, pode haver bons níveis de irradiação (TOLMASQUIM, 2016).

Nesse sentido, o Plano Decenal de Expansão 2024 (PDE 2024) adotou como uma das principais diretrizes a priorização da participação dessas fontes renováveis para atender o crescimento do consumo de energia elétrica no horizonte decenal, compatibilizando esta participação com o atendimento à carga de forma segura e tendo em vista o compromisso brasileiro de manter seu crescimento econômico apoiado em uma matriz energética limpa. O **Gráfico 1** detalha a composição do parque de geração instalado previsto para o ano de 2024.

Gráfico 1 – Participação das fontes de geração na capacidade instalada em dezembro/2024

Fonte: EPE (2016)

Após o primeiro ano de divulgação do PDE verificou-se um aumento significativo da participação das fontes solar e eólica em termos de capacidade instalada de geração de energia elétrica, conforme evidenciado pela **Tabela 1**.

Tabela 1 – Capacidade instalada (MW) de geração de energia elétrica – 2014/2015

Fonte	2015	2014	Δ 15/14
Hidrelétrica	91.650	89.193	2,8%
Térmica ²	39.564	37.827	4,6%
Nuclear	1.990	1.990	0,0%
Eólica	7.633	4.888	56,2%
Solar	21	15	42,3%
Capacidade disponível	140.858	133.914	5,2%

Fonte: BEN (2016)

A potência instalada eólica atingiu 7.633 MW em 2015, o que representa uma expansão de 56,2% quando comparada com o ano de 2014. Este fato mostra que, apesar do recuo da oferta interna de energia elétrica ocorrida em 2015 causada pelas condições hídricas desfavoráveis e consequentemente pela menor oferta de energia hidráulica disponibilizada, a energia eólica avançou substancialmente e

contribuiu para o crescimento de 74,6% para 75,5% da participação das energias renováveis na matriz energética brasileira.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL(2016), das fontes de energia utilizadas a energia eólica representa 6,35% e a energia fotovoltaica representa apenas 0,02% do total considerando os empreendimentos em operação em julho de 2016. Isto mostra a pequena representatividade dessas duas fontes renováveis na matriz elétrica do país. Entretanto, sob outra ótica indica também uma oportunidade para a expansão da geração de energia utilizando estas fontes limpas, pois com a consolidação da indústria e o desenvolvimento tecnológico deverá ocorrer o declínio nos preços dos equipamentos.

Neste contexto, vai se tornando cada vez mais clara a oportunidade de se explorar a energia solar e eólica no Brasil, seja no âmbito da geração centralizada ou na GD. No tocante à geração fotovoltaica não somente por causa da maior irradiação solar quando comparada com países europeus onde a tecnologia fotovoltaica é disseminada para a produção de energia elétrica, mas também pela firme trajetória de aumento de eficiência e queda dos custos de implantação de módulos e sistemas fotovoltaicos. Já no caso da energia eólica os ventos mais constantes em boa parte do território nacional, a evolução tecnológica, o crescimento na escala industrial de produção e montagem das turbinas e os incentivos governamentais devem atrair investidores e proporcionar o aumento da participação dessa fonte na matriz elétrica brasileira.

Na GD, as energias solar fotovoltaica e eólica possuem posição de destaque, principalmente após a homologação pela ANEEL em Abril/2012 da Resolução Normativa 482 e sua revisão sob o número 687 em Novembro/2015, que define os conceitos de microgeração (≤ 75 KW) e minigeração (>75 kW até 5MW) distribuída e o sistema de compensação de energia. Essa resolução regulamenta e viabiliza a conexão à rede de distribuição de sistemas de geração provenientes de fontes renováveis de energia como a solar fotovoltaica e eólica de pequeno porte, o que permite ao consumidor do mercado cativo instalar pequenos geradores em sua propriedade e trocar energia com a distribuidora local.

No sistema de compensação de energia elétrica, também conhecido internacionalmente como *net metering*, o consumidor utiliza primariamente a energia gerada localmente por painéis fotovoltaicos, aerogeradores ou outra fonte renovável de energia. Qualquer diferença entre o consumo e a geração local é fornecida ou consumida pela rede de energia, dispensando o uso de baterias. Logo, o proprietário de uma pequena usina receberá créditos em kWh na conta de luz caso a eletricidade gerada seja maior que o consumo da unidade consumidora.

Nessa conjuntura, em outubro de 2015 eram 1.000 adesões de consumidores e, em dois meses, chegou a 1.731 conexões. Isso representa uma potência instalada de 16,5 MW. A fonte mais utilizada pelos consumidores continua sendo a solar, com 1.675 adesões e 13,3 MW de potência instalada, seguida da eólica, com 33 instalações e 121 kW. Atualmente, o estado que possui mais micro e minigeradores é Minas Gerais, com 333 conexões. Seguem o Rio de Janeiro, com 203, e o Rio Grande do Sul, com 186. (ANEEL, 2016).

Os setores residencial e comercial são as principais aplicações da GD sob o âmbito das resoluções 482/2012 e 687/2015. No caso do setor de telecomunicações e, em especial nas estações repetidoras de micro-ondas, bases de rede celular e transmissoras e repetidoras de TV isto não é diferente. Apesar de ser uma das aplicações mais antigas da geração de energia fotovoltaica no país para atendimento a estes sistemas em locais isolados operando em conjunto com baterias (sistemas *off grid*), existem projetos recentes de sistemas fotovoltaicos, eólicos ou híbridos em operação e em desenvolvimento valendo-se da tecnologia de conexão com a rede elétrica de baixa tensão (sistemas *on grid*).

O setor de comunicações móveis está crescendo rapidamente. No Brasil, segundo a empresa de consultoria Teleco, em maio de 2016 existiam mais de 255 milhões de telefones celulares e mais de 76.800 Estações Rádio Base (ERB's) em operação. Obviamente, este crescimento é acompanhado pelo aumento do consumo de energia das redes móveis. Logo, para garantir a competitividade tão agressiva dos dias atuais e manter a rentabilidade do negócio é necessário o desenvolvimento de mecanismos eficazes capazes de reduzir os custos operacionais, conhecidos

como *Operational Expenditure* (OPEX), principalmente aqueles que são responsáveis por grande parte de tais custos como a energia elétrica.

Nesse sentido ações de eficiência energética e de GD de energia elétrica através de fontes renováveis complementares são ferramentas que podem ser utilizadas para reduzir o desperdício de energia e diminuir os custos com este insumo, visto que as tarifas de energia no Brasil aumentaram substancialmente no biênio 2014-2015 devido à crise hídrica vivida nestes anos e pela matriz elétrica brasileira ser predominantemente hidrelétrica, o que reduziu a oferta interna de energia pela fonte hidráulica.

Considerando então a relevância que GD assume nesse contexto, este trabalho descreve a implantação e estuda a viabilidade técnica-econômica da aplicação empírica de um sistema de geração eólico isolado e fotovoltaico com conexão à rede elétrica de distribuição de energia fornecendo energia a uma ERB de telefonia celular na cidade de Campinas, estado de São Paulo. Apresenta o planejamento, as premissas de projeto, as pesquisas de campo, a execução da implantação, o monitoramento e avaliação do desempenho do sistema implantado, a análise dos resultados sob a ótica técnica e econômica, a identificação dos pontos fortes e fracos visando contribuir para a disseminação da tecnologia para aplicação de GD em áreas urbanas e remotas eletrificadas.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica importante que subsidia o desenvolvimento e entendimento do projeto ora estudado. Nele são apresentados os conceitos do projeto de geração de energia fotovoltaica e eólica, além dos conceitos básicos sobre estações de telefonia celular e redes de transmissão de dados, sistemas de monitoramento, centrais de comutação e controle e repetidoras de micro-ondas, o marco regulatório que criou e aprimorou o sistema de compensação de energia elétrica no país e também os avanços na legislação tributária que incentiva a micro e minigeração. Constan ainda desse capítulo os conceitos de matemática financeira utilizados para subsidiar o estudo de viabilidade econômica do projeto.

O capítulo 3 apresenta as características da localidade onde foi instalado o sistema de geração eólico isolado e fotovoltaico conectado à rede. São mostrados

os dados técnicos tanto da entrada e distribuição de energia em corrente alternada quanto dos equipamentos de transmissão celular e de rádio frequência existentes, os dados de irradiação média mensal, o perfil dos ventos na região, o histórico de consumo de energia e a curva de carga média diária. Ainda neste capítulo é apresentado o dimensionamento ideal de um sistema eólico e fotovoltaico para atendimento à demanda total de energia da ERB existente.

O capítulo 4 mostra as fases de implantação do projeto piloto, bem como as características técnicas dos equipamentos utilizados, o sistema de monitoramento e aquisição de dados desenvolvidos e também as estimativas de geração de energia fotovoltaica e eólica ao longo do ano.

O capítulo 5 expõe os resultados da geração de energia eólica e fotovoltaica. Os dados reais coletados do sistema fotovoltaico são comparados com os obtidos através de simulação no software PVsyst. Já os resultados do sistema eólico isolado são comparados com a estimativa de geração considerando o método de classe das velocidades e, dessa forma, o desempenho dos sistemas são avaliados de forma independente e posteriormente é avaliada a possibilidade de complementariedade entre as duas fontes. Constitui ainda desse capítulo a apresentação da análise econômica de implantação dos dois sistemas de geração própria de energia.

Por fim, o último capítulo apresenta as conclusões, onde são discutidos os resultados obtidos e são abordadas de forma objetiva questões sobre o panorama atual no Brasil de geração de energia através das fontes fotovoltaica e eólica, além da sugestão de temas para estudos e trabalhos futuros.

1.1 Motivação do trabalho

Apesar de recente no Brasil, a tecnologia de geração de energia elétrica através de fontes renováveis com conexão à rede de distribuição está presente e disponível há mais de 25 anos no mundo. A partir do ano de 2007 e com a crescente adoção da energia solar fotovoltaica conectada à rede na Europa, nos Estados Unidos e na Austrália, a ANEEL iniciou um processo de estudos e consultas públicas

para contribuições dos agentes do setor para permitir a adoção desta tecnologia também no Brasil.

Em 2009, foram consolidados os primeiros esboços do que seria a Resolução Normativa da ANEEL para tornar real a possibilidade de geração de energia própria através de fontes renováveis de energia com conexão à rede de distribuição de baixa tensão. Então no ano de 2012, após melhorias e modificações, a Resolução Normativa foi à votação e passou a vigorar a partir do dia 17 de abril de 2012 contemplando as formas de geração própria de energia por fontes limpas e incentivadas como a solar e eólica.

Nesse contexto, no ano de 2014 foi vislumbrado um projeto de geração eólico-fotovoltaico para prover energia a uma estação de telefonia móvel celular na região de Campinas. Além de prever economia financeira com a redução do consumo de energia com a consequente diminuição do OPEX, o trabalho busca identificar alternativas de redução de custos com insumos indispensáveis à operação do setor de telecomunicações, como é o caso da energia elétrica. Isso porque, com o aumento da concorrência e diminuição da rentabilidade, o desenvolvimento de projetos desse tipo é de suma importância para longevidade das companhias do setor.

O projeto tem também como objetivo fornecer subsídios para a aplicação do conceito de geração de energia por fontes renováveis, incluindo a GD, em outros projetos nos setores como o de telecomunicações, comercial e residencial, seja em áreas remotas ou urbanas. Por fim, este trabalho tem o intuito de contribuir para o desenvolvimento do setor de microgeração de energia através da disseminação da tecnologia e possibilitar que os consumidores de energia elétrica e investidores possam avaliar economicamente a viabilidade da realização de investimentos no setor, além de colaborar com a pesquisa científica.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral do presente trabalho é avaliar técnica e economicamente a implantação concreta de um projeto de microgeração fotovoltaico conforme regras estabelecidas pelas resoluções normativas homologadas pela ANEEL sob os números 482/12 e 687/15 e de geração eólica isolada de pequeno porte utilizando acumuladores de energia para alimentação direta dos equipamentos de telecomunicações existentes na ERB escolhida para implementação do estudo. Ademais, busca disseminar os conceitos de geração própria de energia através de duas promissoras fontes de energia renovável do país e criar subsídios para identificar e solucionar obstáculos técnicos, econômicos e regulatórios que possam impactar, de alguma forma, na implantação e crescimento da geração própria de energia por fontes renováveis no Brasil.

Os objetivos específicos a serem atingidos são:

- Levantar as informações relevantes sobre o marco regulatório brasileiro no tocante ao sistema de compensação de energia elétrica, elencando os incentivos técnicos e tributários utilizados para promover a expansão da GD de pequeno porte;
- Avaliar o desempenho dos sistemas eólico isolado e fotovoltaico conectado à rede para permitir uma análise efetiva do retorno de investimento;
- Criar meios para avaliação das ações de reduções de custo com eletricidade em ERB's através da implantação de sistemas de geração própria de energia por fontes renováveis;
- Gerar dados que contribuam para a expansão, na área de telecomunicações, de projetos de GD por fontes renováveis complementares cujos potenciais de geração são amplos na maior parte do território nacional.

1.3 Metodologia

A metodologia de pesquisa foi realizada através da implantação de um sistema de geração de energia eólico e fotovoltaico em uma estação rádio base de telefonia celular existente e em operação desde o ano de 2008 na cidade de Campinas, SP. Foram levantados os dados climáticos, o histórico do consumo de energia elétrica local, irradiação solar, perfil e velocidade média dos ventos na região. Além disso, houve pesquisa em literaturas e artigos relacionados ao assunto proposto. O foco maior foi no trabalho de campo que constituiu em coletar os dados reais de geração de energia através da utilização de painéis fotovoltaicos e aerogeradores de pequeno porte para compará-los com as simulações e estimativas de geração realizadas no software PVsyst para o sistema fotovoltaico e modelos matemáticos para tratamento e análise de grande volumes de dados para o sistema eólico. Entre os principais pontos acenados na metodologia de pesquisa, temos:

- Coleta de dados existentes do comportamento do vento como as velocidades (m/s) mínima, máxima e média;
- Análise do potencial energético dos ventos através de dados coletados por instrumentos instalados em torre anemométrica de 25 metros de altura localizada em Campinas no período de março de 2014 a julho de 2015 e a realização de cálculos específicos utilizando a curva de potência dos aerogeradores disponibilizados para o projeto visando estimar a geração de energia;
- Análise do potencial energético do sistema fotovoltaico através dos dados existentes de irradiação global no plano horizontal disponibilizados pelos centros de referência brasileiros (CRESESB) e internacionais (NASA e SWERA), além do levantamento adequado da demanda e do consumo de energia elétrica;
- Desenvolvimento de sistema de aquisição, armazenamento e transporte de dados da geração eólica e fotovoltaica na ERB em estudo;
- Quantificação dos rendimentos, custos e benefícios gerados;

- Análise financeira considerando os métodos do Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, e *Payback simples* para identificação da viabilidade econômica.

Para a implantação do projeto em campo foram utilizados equipamentos de geração de energia fotovoltaica e eólica preexistentes em outra localidade oriundos de outro projeto que não teve prosseguimento, ou seja, os equipamentos estavam sem utilização no seu local de origem. Dessa forma, tanto os painéis fotovoltaicos quanto os aerogeradores instalados na ERB não foram dimensionados para atender totalmente à carga da estação de telefonia celular, mas à frente no capítulo 3 são apresentadas as premissas e etapas do projeto e também o caminho para obter o dimensionamento ideal conforme métodos de avaliação dos recursos eólico e fotovoltaico.

Os dados dos ventos foram coletados por 16 meses consecutivos em intervalos de um minuto e tratados considerando a velocidade média diária e divididos em 3 períodos horários sendo diurno, noturno e madrugada, compreendidos entre os horários de 07:01 às 17:00h, 17:01 às 23:59h e 0:00 às 07:00h, respectivamente. Essa divisão de horários tem por objetivo apenas a avaliação gráfica da possível complementaridade entre as fontes eólica e solar e ela não foi utilizada para realizar o dimensionamento de um sistema híbrido onde a geração de energia total é igual à soma das duas energias produzidas.

Os instrumentos de medição que foram instalados na torre anemométrica a 25 metros de altura geraram os dados que foram tratados e corrigidos para as alturas de referência para avaliação dos recursos eólicos na condição de aplicação do presente projeto, cujos aerogeradores foram instalados a 7 e 10 metros de altura na própria torre de celular existente na ERB. As correções dos valores da velocidade do vento medidos a 25 metros de altura foram realizadas através da lei da potência para as alturas de referência (H_r) das turbinas eólicas. Assim, com os dados corrigidos foi possível caracterizar os ventos e estimar a geração de energia mensal provida por cada aerogerador.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conteúdo deste capítulo é resultado da revisão bibliográfica realizada e os fundamentos são apresentados de forma a oferecer ao leitor os principais conceitos empregados desde o planejamento, execução e gerenciamento do projeto piloto implantado.

2.1 A Geração fotovoltaica

2.1.1 Evolução

O efeito fotovoltaico verificado pela primeira vez por Edmond Becquerel, em 1839, implica no aparecimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica pela absorção de luz. Em 1876 foi concebido o primeiro instrumento fotovoltaico e somente em 1956 iniciou-se a produção industrial, seguindo o crescimento da área de eletrônica.

A partir da década de 1970 surgiram diversos grupos de pesquisas e laboratórios dedicados à energia fotovoltaica. Além das pesquisas relacionadas ao desenvolvimento tecnológico, nessa década começaram a ser desenvolvidas aplicações no âmbito das telecomunicações. A partir da década de 1990, a energia fotovoltaica começou a fazer parte da solução para atendimento de localidades afastadas da rede elétrica.

A Figura 1 mostra a evolução do desenvolvimento dos equipamentos de conversão da energia solar fotovoltaica.

Figura 1 – Evolução dos equipamentos de conversão da energia fotovoltaica

Descoberta do Selênio (Se) - Berzelious	1800	
	1820	Preparação do Silício (Si) - Berzelious
Efeito Fotovoltaico - Becquerel	1840	
	1860	Efeito Fotocondutivo no Selênio (Se)
Efeito Fotocondutivo no Selênio (Se)	1880	Smith
Adams & Day	1920	Monocristal a partir do Silício (Si)
Teoria da Difusão Eletrônica - Dember	1940	Czochralski
	1950	Crescimento de células com junção - Ohl
Junções <i>p-n</i> difundidas - Fuller	1955	
	1976	Células de Silício Amorfo (a-Si)
Células de MIS – 24% de Eficiência	1992	
	1998	Células de Silício Monocristalino
Potencia instalada acumulada atinge 1GWp	1999	
	2005	Eficiência Superior a 20% em Si Policristalino
Expansão de módulos de filme fino (a-Si, CdTe e CIS)	2009	
	2011	Mais de 70GWp de potencia instalada acumulada (EPIA, 2012)
Mais de 100GWp de potencia instalada acumulada (EPIA, 2013)	2012	

Fonte: (Adaptado de CEPEL, 2014)

A célula é o menor elemento do sistema fotovoltaico produzindo tipicamente potências elétricas da ordem de 1,5 W (correspondentes a uma tensão de 0,5 V e uma corrente de 3A). Para obter potências maiores, as células são ligadas em série e/ou em paralelo, formando módulos e painéis fotovoltaicos com potências superiores. A **Figura 2** mostra as principais camadas para a produção do módulo fotovoltaico.

Figura 2 – Camadas de um módulo fotovoltaico típico

Fonte: (TOLMASQUIM, 2016)

2.1.2 Tipos de células

Cerca de 80% das células fotovoltaicas são fabricadas a partir do silício cristalino, que é obtido a partir do quartzo e deve ser purificado até o grau solar, que exige um grau de pureza elevado. As células de silício podem ser subdivididas em monocristalinas e policristalinas, conhecidas como células laminadas. As primeiras possuem uma estrutura cristalina ordenada, ao contrário das policristalinas, resultando numa maior eficiência.

O Brasil possui jazidas de quartzo de alta pureza, mas ainda não desenvolveu a tecnologia necessária para obter silício com grau solar (SILVA, 2015).

A maioria dos módulos fotovoltaicos utilizados comercialmente é baseada em células de silício cristalino (c-Si), representando aproximadamente 90% da produção total de células fotovoltaicas em 2014 (TOLMASQUIM, 2016). A uniformidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico. O rendimento máximo atingido em laboratório ronda os 24%, o qual em utilização prática se reduz para cerca de 15%. A **Figura 3** (a) e (b) apresenta a estrutura de um módulo fotovoltaico de silício monocristalino e policristalino, respectivamente.

Figura 3 – Módulo fotovoltaico mono e policristalino

- (a) Silício Monocristalino
- (b) Silício Policristalino

Fonte: Yingli Solar.

O silício monocristalino é obtido pelo método Czochralski (Si-Cz) ou também pela técnica de fusão zonal flutuante (Si-FZ, Float Zone). No silício policristalino (p-Si), em vez de se formar um único cristal, o material é solidificado em forma de um bloco composto de pequenos cristais com dimensões da ordem de centímetros. A partir do corte de um bloco de p-Si ou lingotes de m-Si tipo Si-Cz ou Si-FZ são obtidas lâminas, nas quais são fabricadas as células fotovoltaicas. As lâminas de silício usadas atualmente possuem espessura da ordem de 0,2 mm, mas o objetivo das pesquisas em andamento é para obter em 2020 lâminas de até 0,12 mm de espessura a fim de reduzir os custos de fabricação (CRESESB, 2014).

Outras células laminadas são baseadas em Arseneto de Gálio (GaAs), um semicondutor composto que apresenta desempenho superior ao silício e por este motivo possuem maior eficiência. Porém, o custo de produção dessas células são maiores e por este motivo são utilizadas somente em algumas aplicações específicas.

Outro tipo de célula fotovoltaica são as células de filme fino que consistem em camadas de materiais semicondutores depositados sobre um substrato isolante, como vidro ou plástico flexível. A **Figura 4** (a) e (b) apresenta a estrutura de um módulo fotovoltaico de filme fino rígido e flexível, respectivamente.

Figura 4 – Módulo fotovoltaico filme fino

(a) Flexível
(b) Rígido

Fonte: (TOLMASQUIM, 2016)

As tecnologias de células de filme fino comercialmente disponíveis atualmente são baseadas principalmente em telureto de cádmio (CdTe), disseleneto de cobre-índio-gálio (CIGS) e silício amorfo hidrogenado (a-Si:H). Esses materiais possuem coeficientes de absorção de luz de 10 a 100 vezes maiores que o silício, permitindo que os filmes sejam muito mais finos. Outra vantagem dos filmes finos é o menor coeficiente de temperatura, isto é, têm menor perda de potência à medida que a temperatura da célula aumenta. (TOLMASQUIM, 2016).

2.1.3 Associação de módulos e tipos de sistemas fotovoltaicos

As células fotovoltaicas são ligadas em série e/ou em paralelo para a obtenção de sistemas com potências maiores e, dessa forma, formar módulos e painéis fotovoltaicos. Os módulos então também são associados em série e paralelo para formar os arranjos de geração com a tensão e a corrente desejadas e são utilizados em várias aplicações operados principalmente como:

- Ligados à rede de energia elétrica (*on grid*) a qual entregam toda a energia que a radiação solar lhes permite produzir. Para esta aplicação é necessário um inversor especial que serve de elemento de interface entre o painel e a rede, de modo a adequar as formas de onda das grandezas elétricas de corrente contínua originárias dos painéis fotovoltaicos às formas de onda de corrente alternada exigidas pela rede;
- Em sistema isolado (*off grid*), alimentando diretamente as cargas em corrente contínua ou em corrente alternada. Para esta aplicação, o critério de dimensionamento é a radiação disponível no mês com menos sol, uma vez que é necessário assegurar o abastecimento durante todo o ano. Para essa aplicação, além da associação com os painéis fotovoltaicos ainda é necessário dispor de: baterias para assegurar a energia necessária nos períodos em que a radiação solar é insuficiente ou não está disponível; controlador de carga para gerenciar a carga de acordo com os perfis de radiação disponível e

operação das baterias e inversor quando existirem cargas alimentadas em corrente alternada;

- Em sistema híbrido, alimentando diretamente cargas isoladas, em conjunto com outros conversores de energias renováveis, por exemplo, o eólico.

2.1.4 Inversores

Faz-se o uso de um conversor de corrente contínua para corrente alternada, chamado inversor, quando é necessário fornecer energia em corrente alternada diretamente às cargas (sistema *off grid*) ou quando o sistema fotovoltaico for conectado diretamente à rede pública de distribuição de energia elétrica (sistema *on grid*). O inversor é classificado como autônomo quando alimenta diretamente às cargas e especial quando sua função é interligar o sistema fotovoltaico à rede. Logo, o inversor é o equipamento que recebe, na sua entrada, a corrente contínua proveniente das baterias ou diretamente do arranjo fotovoltaico e fornece, na sua saída, a corrente alternada que alimentará um “barramento” no qual estarão ligadas as cargas ou ponto de conexão à rede pública.

O inversor é a interface entre o arranjo fotovoltaico e a rede pública de distribuição de energia elétrica, convertendo a corrente contínua dos módulos fotovoltaicos em corrente alternada com sincronismo de tensão e frequência. Isso permite que o inversor produza potência e energia suficiente para suprir as necessidades do sistema elétrico primário, ou seja, a unidade consumidora a qual está ligado, injetando o excedente na rede pública quando a geração for superior ao consumo. Em momentos de geração inferior ao consumo, seja pelo acionamento de mais cargas ou pela radiação solar baixa ou nula, a rede é quem supre a unidade consumidora com a energia necessária.

2.1.5 Sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR)

Os SFCR's não necessitam do uso de baterias ou acumuladores elétricos, visto que a energia produzida por eles é consumida diretamente pela carga ou é injetada na rede de distribuição de energia ou simplesmente rede pública. A **Figura 5** apresenta de forma simplificada um SFCR.

Fonte: Adaptado de <http://pnergiasolar.com.br>

Esses sistemas vêm se tornando cada vez mais populares no Brasil, principalmente após mudanças regulatórias ocorridas em 2012 e também pela crise hídrica vivida no país nos anos de 2014 e 2015 que elevaram as tarifas de energia tornando os investimentos no setor mais atrativos. As modalidades de geração as quais se enquadram os SFCR's são a micro e minigeração e devem atender às resoluções normativas da ANEEL e também às normas de acesso das concessionárias de energia locais.

2.1.6 Projeto de um SFCR

O projeto de um sistema fotovoltaico conectado à rede envolvem diversos princípios como disponibilidade do recurso solar, demanda a ser atendida, espaço

físico para instalação dos equipamentos, condições de temperatura, entre outros. Para um SFCR procura-se geralmente projetar um sistema que atenda integralmente a demanda de energia elétrica da unidade consumidora.

Segundo o CRESESB (2014), as principais etapas do projeto de um SFCR são:

- Levantamento adequado do recurso solar disponível no local da aplicação;
- Definição da localização e configuração do sistema;
- Levantamento adequado de demanda e consumo de energia elétrica;
- Dimensionamento do gerador fotovoltaico;
- Dimensionamento do inversor especial para interligação com a rede.

2.1.6.1 Avaliação do recurso solar

Para avaliar o potencial da geração fotovoltaica em um determinado lugar, seria muito útil dispor de dados confiáveis da irradiação solar disponível em intervalos horários. Há poucas estações meteorológicas no Brasil que registram sistematicamente o valor da irradiação incidente em intervalos horários. A informação obtida na base temporal horária é importante porque os módulos fotovoltaicos são geralmente instalados em planos inclinados e, como a posição solar varia a cada instante, a conversão de um dado de irradiância no plano horizontal para um plano inclinado também é a cada instante (CRESESB, 2014).

O recurso solar não pode ser considerado como constante dada sua variação ao longo do dia, do mês e do ano para cada localidade. As variações climáticas como as formações das nuvens dificultam a previsibilidade do recurso solar. A irradiância solar varia de acordo com a posição terrestre e por consequência também ocorre a variação do ângulo de incidência dos raios solares e por este motivo as áreas próximas à linha do equador apresentam menor variação da irradiação ao longo do ano. Como há uma linearidade entre a produção de energia e a irradiação horária, na estimativa de geração de energia elétrica é interessante

expressar o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia que é chamado de Horas de Sol Pleno (HSP).

Dessa forma, o que pode ser feito para otimizar o uso do recurso solar é posicionar os painéis fotovoltaicos de forma que maximize a utilização do mesmo. A inclinação e azimute dos painéis são importantes para que os painéis estejam na maior parte do ano voltados de forma perpendicular aos raios solares. Segundo Tolmasquim (2016), o ângulo que usualmente é considerado como ótimo é igual à latitude do local, orientado ao norte, no hemisfério sul, de forma que a superfície receptora esteja perpendicular aos raios solares na média anual, fazendo com que a variação da irradiação ao longo do ano seja atenuada, assim como maximizada a quantidade de energia incidente sobre tal superfície nesse período.

2.1.6.2 Localização

A escolha do local da instalação dos painéis fotovoltaicos é muito importante em relação ao desempenho do SFCR. A proximidade de árvores, prédios, torres, antenas, entre outros, aos painéis pode causar sombreamento que por sua vez vai afetar diretamente a eficiência de todo o sistema. Além disso, outro fator importante que pode comprometer a eficiência do sistema é a ventilação nos módulos e a temperatura ambiente, pois o sistema é impactado diretamente pela temperatura nos painéis. Dessa forma, ao se projetar um SFCR, as informações em campo com referência ao sombreamento, circulação de ar próximo aos painéis e outras possíveis interferências como reflexibilidade causadas por outras superfícies devem ser levantadas de forma criteriosa.

2.1.6.3 Levantamento da demanda e do consumo de energia

O levantamento da demanda e do consumo de energia é primordial para o projeto do sistema fotovoltaico (SFV), lembrando que no caso de sistema conectado à rede a energia gerada pode ser totalmente absorvida pela rede de distribuição, caso não haja carga interna na unidade consumidora. Obviamente que, mesmo

nesta condição, o limite de injeção na rede se dará pela energia disponibilizada pela concessionária para aquela unidade consumidora, visto que existem proteções e restrições de transmissão de energia pelo cabeamento do ramal de serviço, por exemplo.

Portanto, o levantamento do consumo médio mensal da unidade consumidora deve ser realizado através da análise da fatura de energia, visto que por regulamentação as distribuidoras são obrigadas a manter nas faturas o histórico de consumo dos últimos doze meses. Então, em poder dessas informações calcula-se o consumo médio diário (Wh/dia) para determinação da demanda e consequentemente da potência do sistema fotovoltaico, sem esquecer-se de descontar os cálculos o valor do custo de disponibilidade ou taxa mínima que é paga à distribuidora para que a energia elétrica esteja disponível para uso a qualquer momento.

2.1.6.4 Dimensionamento do gerador fotovoltaico

Segundo o CRESESB (2014), a potência de um microgerador que compõe um SFCR pode ser calculada pela **Equação 2.1**.

$$P_{FV}(Wp) = (E/TD)/HSP_{MA} \quad (2.1)$$

onde:

$P_{FV}(Wp)$: Potência pico do painel FV;

$E(Wh/dia)$: Consumo diário médio anual da edificação ou fração deste;

TD (adimensional): Taxa de desempenho;

HSP_{MA} : Média diária anual das HSP incidente no plano do painel FV.

Conforme mostrado por CRESESB (2014) a taxa de desempenho de um SFCR varia entre 70 e 75 %, já considerando as perdas por resistência do

cabeamento e conectores, eficiência do inversor, *mismatch* entre módulos, temperatura de operação, entre outros.

2.1.6.5 Dimensionamento do inversor

Após determinada a potência do gerador fotovoltaico é dimensionada então a potência e o tipo do inversor que fará a conexão com a rede levando em consideração o fator de dimensionamento do inversor (FDI). Os inversores especiais podem estar sujeitos a elevadas temperaturas quando instalados em telhados ou lajes, o que vai influenciar diretamente na potência de saída do equipamento.

Segundo CRESESB (2014) o fator de dimensionamento de inversores (FDI) é dado pela **Equação 2.2**.

$$FDI = \frac{P_{Nca}(W)}{P_{FV}(Wp)} \quad (2.2)$$

onde:

FDI (adimensional): Fator de dimensionamento do inversor;

P_{Nca} (*W*): Potência nominal em corrente alternada do inversor;

P_{FV} (*Wp*): Potência pico do painel fotovoltaico.

Os valores inferiores de FDI recomendados por fabricantes e instaladores situam-se na faixa de 0,75 e 0,85, enquanto que o limite superior é de 1,05 (CRESESB, 2014).

Um ponto importante no dimensionamento do inversor é a tensão de entrada que não pode ultrapassar o limite máximo suportável por ele, ou seja, as associações de módulos fotovoltaicos em série não podem ultrapassar a tensão de circuito aberto quando submetidos às temperaturas baixas de inverno. Dessa forma, a ligação dos módulos em série deve atender à **Equação 2.3**.

$$N^{\circ} \text{ modulo série} \cdot V_{ocTmin} < Vi_{max} \quad (2.3)$$

onde:

V_{ocTmin} – Tensão de circuito aberto (V_{oc}) de um módulo fotovoltaico na menor temperatura de operação prevista;

$V_{i_{max}}$ - Tensão máxima c.c admitida pela entrada do inversor.

O inversor também possui limite de corrente de entrada e isso limita o número de painéis ou *strings* que podem ser ligados em paralelo numa mesma entrada. Alguns modelos possuem mais de uma entrada independente contemplando o sistema de seguidor de máxima potência. O número máximo de painéis conectados em paralelo pode ser calculado pela utilização dos valores da corrente de curto circuito dos módulos FV e da corrente máxima de entrada do inversor informadas pelos fabricantes dos equipamentos e através da **Equação 2.4**.

$$N^{\circ} \text{ Fileiras FV paralelo} = I_{i_{max}}/I_{SC} \quad (2.4)$$

onde:

$I_{i_{max}}$ – Corrente máxima de entrada do inversor;

I_{SC} – Corrente de curto circuito do módulo FV nas condições de testes padrões.

A **Figura 6** apresenta as curvas típicas de eficiência de operação de um inversor em função da carga em diferentes níveis de tensão de entrada.

Figura 6 – Curva de eficiência do inversor em função da carga em diferentes níveis de tensão de entrada

Fonte: ABB, 2015

2.2 A geração eólica

A energia eólica produzida a partir da força dos ventos é abundante, renovável, limpa e disponível em muitos lugares. Essa energia é gerada por meio de aerogeradores, nas quais a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico. A quantidade de energia transferida é função da densidade do ar, da área coberta pela rotação das pás (hélices) e da velocidade do vento.

O uso do vento para fins elétricos é relativamente recente, data de finais do século XIX na Dinamarca e nos EUA, com a utilização de máquinas que geravam eletricidade a partir do vento, ou aerogeradores. Vale lembrar que a eletricidade com fins comerciais, nos moldes similares ao que conhecemos hoje, data também dos finais do século XIX. Um século depois, quando a eletricidade já era fortemente provida por combustíveis fósseis, aconteceu a crise do petróleo de 1973, levando o governo dos EUA a apoiar a pesquisa e o desenvolvimento da energia eólica (TOLMASQUIM, 2016).

A energia eólica no Brasil teve seu primeiro indício em 1992 com o início da operação comercial do primeiro aerogerador instalado no Brasil, que foi resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), através de financiamento do instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. Essa turbina eólica, de 225 kW, foi a primeira a entrar em operação comercial na América do Sul, em 1992, localizada no arquipélago pernambucano de Fernando de Noronha (ABEEolica).

Em 2002 o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), instituído pela Lei nº 10.438/2002, entrou em vigor com o objetivo da diversificação da matriz energética brasileira, promover a segurança no abastecimento, a valorização das características e potencialidades regionais e locais, além da criação de empregos, capacitação e formação de mão-de-obra e redução de emissão de gases de efeito estufa.

Além da criação do PROINFA, a Lei nº 10.438/2002 alterou o artigo 26 da Lei nº 9.427 de 26 de dezembro de 1996, instituindo a redução de 50% às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão (TUST) e de distribuição (TUSD) incidindo na produção e no consumo da energia associado à geração eólica. Esse subsídio criado foi um auxílio adicional à viabilização da geração eólica no Brasil. A Lei nº 10.762 de 11 de novembro de 2003 limitou o benefício da redução da TUST e TUSD para fontes solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada cuja potência instalada fosse menor ou igual a 30 MW. (TOLMASQUIM, 2016).

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2016), o Brasil possui mais de 9,2 GW de capacidade instalada de energia eólica, derivados de 378 empreendimentos em operação. O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, elaborado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), mostra um potencial bruto de 143,5 GW, o que torna a energia eólica uma alternativa importante para a diversificação da geração de eletricidade no país. O maior potencial foi identificado na região litoral do nordeste e no sul do território nacional.

Na América Latina a energia eólica ainda é pouco utilizada para geração de pequenas potências (AWEA, 2009). Entretanto, com o avanço da microgeração no

Brasil, a geração de energia através de aerogeradores de pequena potência pode crescer em paralelo com os grandes aerogeradores e com a energia fotovoltaica, impulsionando a indústria do setor, atraindo fabricantes estrangeiros para o país e disseminando o conhecimento e tecnologia do segmento eólico de menor porte.

Dessa forma, a geração de energia eólica através de aerogeradores de pequeno porte utilizando-se da regulamentação atual de microgeração encontra uma boa oportunidade de crescimento também na área de telecomunicações, mesmo com o crescimento da geração fotovoltaica no setor. Isso porque a indústria de telecomunicações continua a busca por redução de custos operacionais impulsionados pelos aumentos dos preços das tarifas de energia elétrica e dos combustíveis como o óleo diesel.

2.2.1 Avaliação dos recursos eólicos - caracterização dos ventos

A avaliação técnica do potencial eólico exige um conhecimento detalhado do comportamento dos ventos. Os dados relativos a esse comportamento que auxiliam na determinação do potencial eólico de uma região são relativos à intensidade da velocidade e à direção do vento. Para obter esses dados, é necessário também analisar os fatores que influenciam o regime dos ventos na localidade do empreendimento. Entre eles pode-se citar o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos distribuídos ao longo da região.

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade média do vento de 7 a 8 m/s (ANEEL, 2008). Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m, em apenas 13% da superfície terrestre. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental.

A potência contida no vento é função da densidade do ar. Já a densidade do ar é função da temperatura e pressão, sendo esses parâmetros variáveis com a altura em relação ao solo (FADIGAS, 2011).

Um dos métodos matemáticos mais simples utilizados para representar o perfil vertical dos ventos é a lei da potência, que é resultado de estudos da camada limite sobre uma placa plana e pode se expressa pela **Equação 2.5**.

$$V = V_r \left(\frac{H}{H_r} \right)^n \quad (2.5)$$

onde:

V : velocidade do vento na altura H ;

V_r : velocidade do vento na altura de referência ou medida;

H : altura desejada;

H_r : altura de referência;

n : expoente da lei da potência (diferente para cada tipo de superfície).

O coeficiente n da equação anterior representa a influência da natureza do terreno no perfil vertical da velocidade e ele também sofre influencia de outras variáveis como temperatura, estação do ano, hora do dia e parâmetros térmicos e mecânicos. A **Tabela 2** apresenta os valores do coeficiente n para tipos de superfícies distintas.

Tabela 2 – Coeficiente n para diferentes tipos de superfícies

TERRENO	COEFICIENTE n
Superfície Lisa, lago ou oceano	0,10
Gramma baixa	0,14
Vegetação rasteira e árvores ocasionais	0,16
Arbustos e árvores ocasionais	0,20
Árvores e construções ocasionais	0,22 – 0,24
Áreas residenciais	0,28 – 0,40

Fonte: Adaptado de Fadigas (2011)

Através da equação 2.5 é possível realizar a correção da velocidade do vento de uma altura de referência H_r para uma altura H desejada.

As informações que caracterizam os ventos geralmente estão disponíveis em diversas formas e quantidades. Os dados podem ser obtidos de estações meteorológicas cuja coleta pode ser realizada em curtos intervalos de tempo (por exemplo, a cada 1 minuto) ou através das informações já condensadas e resumidas obtidas pelos atlas eólicos.

2.2.2 Aerogeradores de eixo horizontal – aspectos construtivos

Os aerogeradores possuem três elementos principais: o rotor, o eixo e o gerador, e vários elementos secundários que variam de acordo com o tipo e projeto do equipamento. Em síntese, o rotor é o conjunto das pás, o cubo é o responsável por capturar a energia no vento, o eixo é o elo que transfere a energia captada no rotor para o gerador, e o gerador é o responsável pela conversão de energia mecânica em elétrica.

As turbinas eólicas com rotores de eixo horizontal com três pás rodam em torno de um eixo que deve permanecer alinhado com a direção do vento. No caso de rotores projetados para ficar contra o vento, o mesmo atinge as pás antes da torre evitando a influência dela no vento, contudo há necessidade de algum mecanismo ativo que direcione o rotor para a direção do vento. Nos rotores projetados para ficar a favor do vento, o próprio atinge a torre antes das pás. O rotor com três pás é mais comum devido ao compromisso entre a eficiência aerodinâmica, custo, velocidade de rotação, peso, estabilidade e ruído. A **Figura 7** mostra os componentes básicos dos aerogeradores de eixo horizontal numa tentativa de cobrir as diferentes configurações existentes.

Figura 7 - Componentes básicos dos aerogeradores de eixo horizontal

Fonte: ABDI, 2014

2.2.3 Estimativa do potencial eólico

Uma das formas de se identificar o potencial eólico preliminar de áreas de interesse envolve a obtenção e utilização dos dados de estações de medição existentes de um ou mais locais, normalmente estações meteorológicas e estações situadas nos aeroportos que sejam próximos dos locais de interesse, derivando os dados por meio de interpolações e extrapolações, considerando as diferenças entre o local que está sendo avaliado e os locais cujos dados estão disponíveis (FADIGAS, 2011).

A potência contida nos ventos é definida como a razão pela qual a energia é utilizada ou convertida por unidade de tempo. O vento ao passar pela área varrida pelo rotor de uma turbina eólica produz energia elétrica através da transformação da energia cinética. A potência elétrica pode ser definida pela **Equação 2.6**.

$$P(W) = \frac{1}{2} \rho A_r V^3 C_p \eta \quad (2.6)$$

onde:

P (W): Potência Elétrica;

ρ : Densidade do ar kg/m³;

A_r : $\pi.D^2/4$, em que D é o diâmetro do rotor;

V : Velocidade do vento;

C_p : Coeficiente aerodinâmico de potência do rotor;

η : Eficiência do conjunto gerador/transmissão.

Apesar de sempre haver energia no vento, em qualquer velocidade acima de 0 m/s, nem sempre se pode aproveitar a energia disponível para sua conversão em eletricidade. Os aerogeradores possuem, além de perdas de conversão de energia, restrições técnicas como as velocidades mínima e máxima para que ele seja capaz de produzir trabalho.

Para obter a produtividade energética de uma turbina eólica através do tratamento e análise de grandes volumes de dados coletados em um determinado período de tempo é possível dividi-los em intervalos ou classes de velocidades. Dessa forma, é possível compactar os dados e relacioná-los à frequência de ocorrência nas velocidades dos ventos de referência e elaborando um histograma com a frequência relativa ao número de vezes em que se registraram os valores da velocidade dentro do intervalo.

A potência elétrica gerada por uma turbina eólica pode ser calculada usando o método de classes de velocidade através da **Equação 2.7**.

$$\overline{Pe} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^I Pe(m_j) f_j \quad (2.7)$$

onde:

N : número de observações de velocidade do vento;

M_j : ponto médio das velocidades ocorridas no intervalo j ;

Pe : potência elétrica gerada na ocorrência de velocidade m_j ;

J : intervalo, varia de 1 a I , sendo I o número total de intervalos de ocorrências de velocidade do vento.

Então a energia elétrica gerada por um aerogerador pode ser calculada pela **Equação 2.8**.

$$Eg = \sum_{j=1}^I Pe(m_j) f_j \Delta t \quad (2.8)$$

onde:

Δt : intervalo de tempo de amostragem das velocidades do vento.

Os **Gráficos 2** e **3** mostram exemplos de histograma com ajuste através da curva gaussiana e a curva típica de potência de um aerogerador, respectivamente.

Gráfico 2 – Histograma e curva Gaussiana

Fonte: Autor

Gráfico 3 – Curva de potência de um aerogerador em função da velocidade do vento

Fonte: Autor

2.3 A geração distribuída no Brasil

A Geração Distribuída (GD) é uma expressão usada para denotar a geração elétrica realizada junto ou próxima da carga independente da potência, tecnologia e fonte de energia. As tecnologias de GD têm evoluído para incluir potências cada vez menores e não é um conceito novo de geração de energia elétrica no mundo. Antes do aperfeiçoamento dos transformadores, a distribuição da energia elétrica era feita para consumidores próximos à geração. Só depois que esses equipamentos foram desenvolvidos, a corrente alternada foi plenamente adotada para ser transportada a grandes distâncias.

A GD apresenta-se como uma tendência mundial devido à redução dos custos das tecnologias de geração de menor escala, ao conceito de *smartgrids*, ao avanço da geração fotovoltaica dos tipos *off* e *on grid* e também por causa das restrições ambientais impostas às fontes consideradas limpas como as hidroelétricas e principalmente as convencionais utilizadoras de combustíveis fósseis extremamente emissoras de gases de efeito estufa.

No Brasil no que se refere aos sistemas conectados à rede (*on grid*), associados a unidades consumidoras, alguns projetos pilotos começaram a ser

instalados no país no final dos anos 90, principalmente em universidades e centros de pesquisa (TOLMASQUIM, 2016).

Após a regulamentação no país da mini e microgeração distribuída por fontes renováveis ocorrida no ano de 2012, o setor de geração própria de energia alcançou resultados significativos em 2015. Segundo a ANEEL (2016) o número de adesões de consumidores chegou a 1731 conexões registradas com acréscimo de potência instalada de 16,5 Megawatts (MW). A fonte mais utilizada pelos consumidores foi a solar, com 1675 adesões e 13,3 MW de potência instalada, seguida da eólica, com 33 instalações e 121 kW.

Apesar do avanço do setor de GD no Brasil, o seu potencial ainda é pouco explorado, principalmente nos setores residencial e comercial que são as principais aplicações da GD sob o âmbito da resolução normativa vigente. A última crise hídrica ocorrida no país no biênio 2014-2015 resultou, sem considerar o efeito do acréscimo de R\$ 5,50 a cada 100 kWh consumido referente a bandeira tarifária vermelha, num aumento nas capitais de até 54% dos custos com a energia elétrica e trouxe à luz a necessidade da inserção de fontes renováveis complementares de geração de energia para minimização do impacto econômico e também para contribuir para a diversificação da matriz elétrica e redução dos impactos ambientais.

2.4 O marco regulatório

A ANEEL publicou no dia 17 de abril de 2012 a Resolução Normativa 482 para facilitar a conexão à rede de distribuição de mini e micro usinas de geração elétrica a partir de fontes renováveis. A Resolução introduziu excelentes oportunidades para a viabilização da energia solar em instalações de pequeno porte. Ela permite contornar questões tais como a do status do produtor de energia em pequena escala (se produtor independente ou autoprodutor), dispensa o registro perante instituições setoriais e evita o pagamento de tributos e encargos normalmente associados à produção independente e ao consumo de energia elétrica.

Algumas medidas incluídas na Resolução são fundamentais para incentivar a geração distribuída, em especial a microgeração, dentre as quais:

- a) Sistema de compensação nas faturas de energia (conceito do *net metering*): sistema no qual a energia ativa injetada na rede é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à concessionária local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ);
- b) Simplificação do processo de registro de autoprodutor e as exigências atuais de licenciamento ambiental;
- c) Atribuição dada à distribuidora: responsabilidade pela coleta de informações de unidades geradoras junto aos micro e minigeradores e envio da ficha técnica e da declaração de operação da planta para a ANEEL;
- d) Dispensa da celebração de contratos de uso e conexão na qualidade de central geradora para os participantes do sistema de compensação de energia da distribuidora local, bastando um Relacionamento Operacional para microgeração e um Acordo Operativo para as instalações de minigeração;
- e) Compete à distribuidora a realização de todos os estudos para a integração de microgeração, sem ônus ao acessante.

O mês de abril de 2015 teve um avanço importante para a micro e minigeração a partir de fontes renováveis de energia, com a publicação no Diário Oficial da União de dois documentos estratégicos do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ):

- I. Convênio Imposto Sobre Circulação De Mercadorias E Serviços (ICMS). Nº 16/2015: Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas ao

faturamento sob o sistema de compensação de energia elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da ANEEL;

- II. Ajuste SINIEF Nº 2/2015: dispõe sobre os procedimentos relativos às operações de circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o sistema de compensação de energia elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da ANEEL. Este documento expõe e detalha os procedimentos tributários que deverão ser seguidos por distribuidoras, microgeradores e minigeradores participantes do sistema de compensação de energia elétrica.

Para o estado de São Paulo foi publicado o decreto nº 61.439/2015 que concede isenção de ICMS sobre a energia elétrica fornecida por microgeradores e minigeradores na quantidade correspondente à energia elétrica injetada na rede de distribuição. A medida é válida para os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora e também para outras unidades do mesmo titular. Os benefícios entraram em vigor a partir do dia 1º de setembro de 2015 e permanecem durante a vigência do Convênio ICMS nº 16/15. Já o decreto nº 61.440/2015, concede isenção de ICMS para a produção de equipamentos destinados a geração de energia eólica e solar. A medida isenta o ICMS das partes e peças de aerogeradores, geradores fotovoltaicos e torres para suporte de energia eólica.

Já em novembro de 2015, a REN 482 passou por um processo de revisão, que originou a REN 687/2015 e entrou em vigor no mês de março de 2016. A nova resolução ampliou as possibilidades da micro e minigeração e as principais mudanças e melhorias foram:

- a) Definição de microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 kW e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica);
- b) Estabelecimento das modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada. A primeira permite a geração em terrenos afastados do local de consumo, mas ainda na área da mesma distribuidora. A segunda possibilita que diversos interessados se unam em um

consórcio ou em uma cooperativa e instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados;

- c) Possibilidade de compensação de créditos de energia entre matrizes e filiais de grupos empresariais;
- d) Sistemas de geração distribuída condominiais ou empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras. Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores;
- e) Ampliação da potência máxima de 1 MW para 5 MW;
- f) Ampliação do prazo de validade dos créditos de energia elétrica de 36 para 60 meses;
- g) Redução dos prazos de tramitação de pedidos junto às distribuidoras. O prazo total para a concessionária conectar uma usina de até 75 kW reduziu, em média, de 82 dias para 34 dias;
- h) Submissão e acompanhamento de novos pedidos pela internet a partir de 2017.

Portanto, com a criação da Resolução 482/2012 e principalmente pelo seu aprimoramento através da 687/2015, mecanismos de incentivo foram estabelecidos, inclusive pela isenção de impostos, para o desenvolvimento da geração distribuída no Brasil através de fontes renováveis de energia. Eles estabelecem os direitos, deveres e obrigações acessórias referentes às operações de circulação de energia elétrica sujeitas a faturamento sob o sistema de compensação de energia elétrica.

2.5 Telecomunicações: definições e conceitos básicos

O artigo 60 da Lei Geral das Telecomunicações (LGT), Lei n.º 9.472, de 16 de julho de 1997, define serviço de telecomunicações como o conjunto de atividades que possibilita a oferta de capacidade de transmissão, emissão ou recepção, por fio, radioeletricidade, meios ópticos ou qualquer outro processo eletromagnético, de símbolos, caracteres, sinais, escritos, imagens, sons ou informações de qualquer natureza.

2.5.1 Estação Radio Base (ERB)

A estação de telecomunicações é o conjunto de equipamentos ou aparelhos, dispositivos e demais meios necessários à realização de telecomunicação, seus acessórios e periféricos, e, quando for o caso, as instalações que os abrigam e os complementam, inclusive os terminais portáteis. Um tipo de estação de telecomunicação utilizada para atendimento à rede celular é a Estação Rádio Base (ERB), que é um conjunto de um ou mais transmissores e receptores destinado à radiocomunicação com a Estação Terminal de Acesso (ETA).

O subsistema de estação base (BSS – Base Station Subsystem), objeto da implantação de um sistema de geração de energia eólica isolada e fotovoltaica conectada à rede estudado neste trabalho, é responsável pelo acesso do terminal ou aparelho celular ao sistema móvel. Ele provê os meios de transmissão, ou seja, os canais de voz e sinalização, que são utilizados pelo aparelho celular para acesso ao sistema e para que o usuário possa se comunicar com outro terminal móvel ou com a rede fixa.

O subsistema de estação base é o responsável pela abrangência da cobertura da rede móvel numa área urbana, rural ou de rodovia, utilizando-se de uma estrutura de estação conforme mostrado na **Figura 8**.

Figura 8 – Subsistema de estação base (BSS) – cobertura da rede móvel

Fonte: Autor

2.5.2 Redes de transporte e transmissão de dados

Os primeiros sistemas de transmissão baseados em fibra óptica utilizados nas redes de telefonia pública utilizavam tecnologias proprietárias na sua arquitetura, nos formatos de multiplexação, no software e no hardware, e tinha procedimentos de manutenção diferenciados. Os usuários desses equipamentos solicitaram ao mercado fornecedor que desenvolvesse uma padronização de tecnologias e equipamentos de forma a possibilitar a utilização de equipamentos de diferentes fornecedores numa mesma rede.

A tarefa de criar tais padrões começou em 1984, junto com outras frentes de trabalho para outras tecnologias, e ficou inicialmente a cargo da ECSA (Exchange Carriers Standards Association). A ECSA desenvolveu o padrão SONET (Synchronous Optical Network), que foi adotado, entre outros países, nos Estados Unidos da América.

Após algum tempo o ITU (International Telecommunication Union) envolveu-se no trabalho para que um único padrão internacional pudesse ser desenvolvido para criar um sistema que possibilitasse que as redes de telefonia de países distintos pudessem ser interligadas. O resultado desse trabalho foi o conjunto de padrões e recomendações conhecido como SDH (*Synchronous Digital Hierachy*) ou hierarquia digital síncrona.

A rede SDH é o conjunto de equipamentos e meios físicos de transmissão que compõem um sistema digital síncrono de transporte de informações. Este sistema tem o objetivo de fornecer uma infraestrutura básica para as redes de dados e voz, e é utilizado em muitas empresas que prestam serviços de telecomunicações, públicos e privados, em todo o mundo.

As tecnologias SDH são utilizadas para multiplexação TDM (*Time Division Multiplexing*) com altas taxas de bits, tendo a fibra óptica como meio físico preferencial de transmissão. Entretanto, possui ainda interfaces elétricas que permitem o uso de outros meios físicos de transmissão, tais como enlaces de rádios digitais e sistemas ópticos de visada direta, que utilizam feixes de luz infravermelha. A **Figura 9** apresenta um exemplo de rede SDH.

Figura 9 – Exemplo de rede SDH

Fonte: Autor

2.6 Coleta de dados (Data Logger)

Os sistemas de aquisição de dados têm como função registrar e armazenar os dados a serem utilizados para uma posterior análise e tratamento. Existe um grande número de dispositivos que podem medir e registrar dados, desde sistemas de medição individuais básicos até os complexos com funções de registro de dados sequenciais múltiplos e processados.

Os registradores de dados podem medir diferentes tipos de sinais e grandezas oriundas de sensores como temperatura, pressão, tensão, corrente, potência, resistência, entre outros. Outra característica importante dos registradores é a quantidade de canais, pois algumas aplicações podem exigir medições diversas através de multicanais.

Os *dataloggers* podem ser classificados em dois tipos distintos: autônomos e baseados em computadores. Os primeiros são instrumentos que medem sinais e os convertem em dados digitais para armazenamento na sua memória interna. Já os baseados em computadores os dados devem ser transferidos para um computador ou servidor para visualização, análise e armazenamento permanente dos dados

coletados. As principais vantagens dos registradores baseados em computadores são:

- Visualização dos dados em tempo real;
- Obtenção de relatórios e análises dos dados *on line*;
- Funcionalidade definida pelo usuário (personalização);
- Conectividade de rede para acesso remoto aos dados;
- Grande capacidade de armazenamento de dados.

2.7 Métodos de avaliação econômica

Analisar a viabilidade econômico-financeira de um projeto significa estimar e analisar as perspectivas de desempenho financeiro do produto e dos serviços associados resultante do projeto. Essa análise é de certa forma iniciada na própria definição do portfólio dos projetos de desenvolvimento de produtos e serviços, pois, ao escolher um dos produtos para ser desenvolvido, adota-se como base para a tomada de decisão a análise da viabilidade econômico-financeira do projeto.

Existem diversos métodos para realizar a análise financeira, dentre os quais se destacam os baseados no fluxo de caixa descontado tradicional, como por exemplo, o VPL (valor presente líquido), a TIR (taxa interna de retorno) e o *payback*. Geralmente é utilizada como parâmetro a TMA (taxa mínima de atratividade), que serve como parâmetro para a aceitação ou rejeição de um determinado projeto de investimento.

2.7.1 Valor presente líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) é a fórmula matemático-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial. Basicamente, é o cálculo de quanto os futuros pagamentos somados a um custo inicial estariam valendo atualmente. A expressão para cálculo do VPL é dada pela **Equação 2.9**.

$$VPL = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Fc_t}{(1+r)^t} \quad (2.9)$$

onde:

I_0 : investimento inicial;

t : período do projeto;

n : horizonte de análise do fluxo de caixa;

Fc_t : fluxo de caixa do projeto no período t ;

r : representa a taxa de desconto.

Para cálculo do valor presente das entradas e saídas de caixa é utilizada a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como a taxa de desconto. Se o $VPL > 0$ significa que o projeto é viável economicamente. No caso do $VPL = 0$, tem-se um ponto de indiferença, ou seja, existe um ponto de isenção referente ao retorno do investimento. No entanto, dada a incerteza associada à estimativa do fluxo de caixa que suportaram a análise, pode-se considerar elevada a probabilidade do projeto se revelar inviável. Por fim, se o $VPL < 0$ tem-se uma decisão contrária a sua realização, pois o projeto é economicamente inviável.

2.7.2 Taxa interna de retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente. O intuito é escolher os projetos cujos fluxos de caixa tenham uma taxa interna de retorno maior do que a TMA.

A TIR é a taxa de atualização do projeto que dá ao VPL valor nulo e pode ser representada pela **Equação 2.10**.

$$VPL = 0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Fc_t}{(1+TIR)^t} \quad (2.10)$$

onde:

I_0 : investimento inicial;

t : período do projeto;

n : horizonte de análise do fluxo de caixa;

Fc_t : fluxo de caixa do projeto no período t .

Desta forma, a TIR é a taxa de desconto que faz com que o VPL do projeto seja igual a zero. Logo, um projeto é atrativo quando sua TIR for maior do que o custo de capital do projeto.

2.7.3 Payback simples

O *payback*, ou tempo de retorno sobre o investimento, é o número de períodos necessários para que o fluxo de caixa acumulado se torne positivo, isto considerando que o fluxo de caixa do projeto é do tipo em que o investimento é realizado no primeiro período e as receitas estão nos anos seguintes. A expressão para cálculo do *Payback Simples* (PS) é dada pela **Equação 2.11**.

$$PS = \frac{I_0}{R} \quad (2.11)$$

onde:

I_0 : investimento inicial;

R : montante de retorno sobre o investimento.

3. CARACTERÍSTICAS DA LOCALIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

A escolha da ERB para implantação do projeto piloto teve que se basear em algumas premissas para viabilizar a instalação dos equipamentos mantendo a operacionalidade da estação existente sob o ponto de vista de disponibilidade dos serviços de telecomunicações e da possibilidade de manutenção corretiva e preventiva dos equipamentos de energia, rádios e transmissão de dados. Além disso, após a instalação dos equipamentos de geração, proteção e controle da energia eólica e fotovoltaica deverá ser possível a expansão e/ou substituição dos equipamentos como os rádios de alta potência de micro-ondas, sistema base de transmissão celular e equipamentos de voz e dados pertencentes ao sistema que atende a rede móvel da região.

As principais características da ERB para atender às necessidades de instalação dos módulos fotovoltaicos, inversor especial, aerogeradores, controlador de carga e baterias disponibilizados para o projeto piloto são:

- Ser do tipo *Greenfield*, ou seja, instalada no solo e que possua espaço físico disponível de pelo menos 15 m² para instalação dos painéis fotovoltaicos;
- Estar localizada em locais com baixo índice de vandalismo para que não ocorram perdas materiais que impossibilitem a finalização das medições e análise dos resultados;
- Não possuir vizinhança habitada muito próxima devido ao nível de ruído emitido pelos aerogeradores;
- Estar localizada, preferencialmente, em regiões de maior irradiação solar diária média mensal possível (kWh/m².dia), com a maior média de velocidade do vento (m/s) possível e não muito distantes da capital paulista para facilitar a logística, monitoramento e acompanhamento *in loco* das instalações, manutenção e operação dos equipamentos existentes e do novo sistema de geração própria de energia.

3.1 Designação da ERB para implantação do projeto

Após a realização de análise geral da base de 1.500 ERB's do tipo Greenfield existentes e disponibilizadas como candidatas para a implantação do projeto piloto no estado de São Paulo foram selecionadas cinco estações que atenderam às premissas técnicas e operacionais estabelecidas para a execução do projeto. Então, após a efetivação das vistorias técnicas em campo em cada uma das referidas transmissoras de sinais de celulares foi predeterminada a que está localizada na Rodovia Dom Pedro I no município de Campinas - SP e cujos dados cadastrais básicos estão detalhados na **Tabela 3** e sua localização está apresentada pelo marcador destacado na **Figura 10**.

Tabela 3 – Dados gerais da ERB

ESTAÇÃO	TIPO	CN	UF	LOCALIDADE	ENDEREÇO	LATITUDE	LONGITUDE
CAS4750	Greenfield	19	SP	Campinas	Rod. D. Pedro I, KM 118	-22,9222	-4692924

Fonte: Autor

Figura 10 – Localização geográfica da ERB escolhida

Fonte: <https://www.google.com.br/maps> (2015)

A ERB escolhida possui espaço físico de mais de 40 m² para a instalação dos painéis fotovoltaicos numa condição de orientação ao norte e na frente da torre metálica, o que é o ideal para que não ocorra sombreamento nos módulos. Além

disso, a própria torre utilizada para as antenas de celular e dos rádios de microondas possui pelo menos dois vãos com espaço suficiente que viabiliza a instalação dos aerogeradores. Por fim, a ERB está localizada em região rural que não possui vizinhança próxima e segundo o levantamento de potencial solar do ano 2013 realizado pela secretaria de energia do estado de São Paulo possui uma irradiação solar diária média de 5,31 a 5,40 kWh/m².dia. Portanto, as características físicas necessárias para atendimento ao projeto foram atendidas.

As **Figuras 11 e 12** mostram a estrutura física da ERB existente com sua torre metálica autoportante e seu ramal de entrada de energia, medidor e quadro de distribuição de corrente alternada, respectivamente.

Figura 11 – Estrutura física da ERB existente

Fonte: Autor

Figura 12 – Entrada e distribuição de energia alternada

Fonte: Autor

Já a **Figura 13** exibe os equipamentos de telefonia celular, rádios micro-ondas, sistema digital síncrono de transmissão de dados e o sistema de energia de corrente contínua composto por sistema retificador de alta frequência e baterias utilizadas como contingência em casos de falta de energia comercial.

Figura 13 – Equipamentos de telecomunicação celular e energia

Fonte: Autor

A ERB escolhida para implantação do projeto de geração de energia eólica e fotovoltaica é concentradora de Transmissão (TX) via rádios micro-ondas e também um sistema base transmissão celular que faz a cobertura da rede móvel celular de voz e dados da Rodovia Dom Pedro I e região. A **Figura 14** mostra a topologia dos enlaces dos rádios micro-ondas com terminação na estação concentradora de Campinas.

Figura 14 – Topologia da estação concentradora de rádios micro-ondas

Fonte: Autor

O sistema de cobertura celular que atende a região rural das cidades de Campinas e Valinhos e também parte da Rodovia Dom Pedro I dispõe de tráfego de voz relativamente baixo por atender uma região de rodovia e área pouco povoada, mas é um importante concentrador cuja cascata total de estações é 29 da tecnologia 2G e 28 da tecnologia 3G, ou seja, qualquer falha nessa estação pode afetar a operação das outras 57 ERB's e seus respectivos tráfegos de voz e dados. O **Gráfico 4** apresenta o tráfego de voz típico durante o período de 22 dias.

Gráfico 4 – Tráfego de voz nos dois setores existentes da ERB

Fonte: Autor

Já o **Gráfico 5** retrata os dados dos dias 14 e 15 de setembro de 2015 considerando apenas o tráfego de voz e dados (internet) da ERB que provê cobertura para parte da rodovia Dom Pedro I e arredores da área rural das cidades de Campinas e Valinhos, SP.

Gráfico 5 – Tráfego de voz e dados da ERB existente durante o período de dois dias consecutivos no mês de setembro de 2015

Fonte: Autor

Através do Gráfico 5 verifica-se que no sistema de telefonia celular da ERB existem picos na utilização dos serviços tanto de voz como de dados entre 7:00 e 8:00h da manhã, no meio do dia entre 12:00 e 13:00h e a noite entre 19:00 e 21:00h. Essa variação impacta diretamente no consumo de energia local, visto que quanto maior o tráfego de voz e dados maior é o processamento dos equipamentos e com isso ocorre o aumento da carga térmica fazendo com o sistema de troca de calor opere por mais tempo com uma velocidade dos ventiladores mais alta.

3.2 Características climatológicas

3.2.1 Temperatura e umidade relativa média

As características de temperatura e umidade relativa do ar da localidade são demonstradas na **Tabela 4**.

Tabela 4 – Temperatura e umidade relativa média – ERB

MÊS	TEMPERATURA MÉDIA (° C)	UMIDADE RELATIVA MÉDIA (%)
Janeiro	23,5	74,62
Fevereiro	23,7	72,25
Março	23,24	71,67
Abril	22,1	67,34
Maio	19,35	64,98
Junho	18,2	58,82
Julho	18,4	56,48
Agosto	20,4	51,31
Setembro	22,1	55,3
Outubro	23,2	59,89
Novembro	23,1	66,96
Dezembro	23,3	72,69

Fonte: [http:// en.openei.org/apps/SWERA](http://en.openei.org/apps/SWERA) (2015)

3.2.2 Radiação solar

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar, etc.), a disponibilidade da radiação solar depende, devido à inclinação do eixo imaginário da Terra e de sua trajetória elíptica, da latitude local e do período do ano. A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima à linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações nas características de insolação e radiação. A **Figura 15** mostra a irradiação solar global média anual na região de Campinas – SP.

Figura 15 – Irradiação solar global média na região de Campinas - SP

Fonte: Adaptado de Energia SP (2013)

Para as coordenadas correspondentes à cidade de Campinas cuja distância de onde foi implantado o projeto de geração de energia eólica-fotovoltaica é de 14,5 KM temos a irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia] referente ao plano horizontal conforme mostrado pela **Tabela 5**.

Tabela 5 – Irradiação mensal média

Estação: Campinas																
Município: Campinas, SP - BRA																
Latitude: 22,8° S																
Longitude: 47,060833° O																
Distância do ponto de ref. (22,848056° S; 46,929167° O): 14,5 km																
#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
1	Plano Horizontal	0° N	5,33	5,56	5,22	4,53	4,06	3,56	4,19	4,58	4,75	5,58	5,86	5,53	4,9	2,3

Fonte: CRESESB (2016)

3.2.3 Dados dos ventos

O vento não possui comportamento linear, ou seja, há uma grande variabilidade no comportamento dos ventos e existem diversos fatores como o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos distribuídos ao longo da região que influenciam diretamente na intensidade e na direção do vento. Vários estudos e metodologias de análise já foram desenvolvidos para realizar o mapeamento eólico no Brasil e atualmente temos informações importantes sobre os recursos dos ventos em todo o território nacional que podem ser utilizadas para verificação dos locais que tenham a incidência dos ventos com velocidade média cujos valores justifiquem e viabilizem as instalações de empreendimentos de geração de energia eólica. A **Figura 16** apresenta o potencial eólico da região Sudeste a 50 metros de altura.

Figura 16 – Mapa da velocidade média do vento em m/s no Sudeste

Fonte: CRESEB (2001)

Pelo mapa da Figura 16 verifica-se a variabilidade do comportamento dos ventos ao longo do território do estado paulista e uma velocidade média entre 6,5 e 7 m/s a 50 metros de altura na região da cidade de Campinas.

Já a **Tabela 6** e o **Gráfico 6** exibem, segundo o mapeamento eólico realizado pelo CRESESB, os dados da velocidade média sazonal do vento a 50 metros de altura considerando a divisão trimestral do ano para as coordenadas geográficas que representam o local da instalação dos aerogeradores.

Tabela 6 - Velocidade média do vento

Dados de Vento

Latitude:22,922° S

Longitude:46,92924° O

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro		Dados de vento a 50 m de Altura				
Grandeza	Unidade	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
velocidade média do vento	m/s	4,64	6,08	6,53	6,88	6,03
fator c		5,24	6,86	7,37	7,77	6,81
fator k		2,26	2,07	2,28	2,16	2,08
densidade de potência	W/m2	104	254	289	354	250

Fonte: CRESESB (2016)

Gráfico 6 – Velocidade média sazonal do vento a 50 m de altura

Fonte: CRESESB (2016)

Para avaliação do potencial eólico de um dado local podem ser instalados instrumentos específicos para aquisição de dados durante um determinado período de medição. Para a caracterização dos ventos na região onde está instalada a ERB objeto de estudo neste trabalho foram utilizadas a base de dados obtidos pelas medições realizadas entre março de 2014 a julho de 2015 em uma torre anemométrica de 25 metros de altura instalada na cidade de Campinas, SP. Os dados como direção do vento e velocidades mínima, máxima e média foram registrados entre intervalos de um minuto gerando mais de 739.990 dados que foram tratados e analisados para obter as classes de velocidades que possibilitaram caracterizar o vento na região.

A **Tabela 7** apresenta os dados compactados das medições realizadas durante o período de aquisição exibindo a velocidade média nos períodos diurno, noturno de madrugada e, por último, a velocidade média mensal dos ventos em m/s do ano de 2014.

Tabela 7 - Velocidade média do vento do ano de 2014

		Madrugada (0:00 as 07:00h)	Diurno (07:01 às 17:00h)	Noturno (17:01 as 23:59h)	Média Mensal
JAN	Nº registros	14.894	18.639	11.160	-
	Velocidade (m/s)	2,06	2,86	2,67	2,53
FEV	Nº registros	13.440	16.800	10.080	-
	Velocidade (m/s)	1,76	2,93	2,64	2,44
MAR	Nº registros	14.880	18.600	11.160	-
	Velocidade (m/s)	2,02	3,26	3,21	2,83
ABR	Nº registros	14.400	18.010	10.800	-
	Velocidade (m/s)	2,26	3,08	3,30	2,88
MAI	Nº registros	14.880	18.604	11.160	-
	Velocidade (m/s)	2,24	2,88	2,83	2,65
JUN	Nº registros	14.400	18.024	10.806	-
	Velocidade (m/s)	2,18	2,94	2,73	2,61
JUL	Nº registros	14.880	18.635	11.160	-
	Velocidade (m/s)	2,67	2,93	2,86	2,82
AGO	Nº registros	14.880	18.611	11.160	-
	Velocidade (m/s)	2,81	3,37	3,48	3,22
SET	Nº registros	14.401	18.018	10.843	-
	Velocidade (m/s)	2,59	3,52	3,58	3,23
OUT	Nº registros	14.886	18.611	11.177	-
	Velocidade (m/s)	2,70	3,71	4,34	3,58
NOV	Nº registros	14.400	18.019	10.804	-
	Velocidade (m/s)	2,73	3,57	3,91	3,41
DEZ	Nº registros	14.880	18.625	11.160	-
	Velocidade (m/s)	2,19	3,82	2,96	2,99

Fonte: Autor

Com o objetivo de compactar a base de dados dos ventos coletada e determinar posteriormente a estimativa de geração de energia eólica foi elaborado um histograma dividido em intervalos de velocidades ou classes de velocidades e associados à frequência de ocorrências das respectivas velocidades com a sua curva de distribuição normal ou de Gauss. O **Gráfico 7** traz o histograma referente ao comportamento do vento na região numa altura de 25 metros.

Gráfico 7 – Histograma do comportamento do vento na região de Campinas

Fonte: Autor

3.3 Dados de energia elétrica

3.3.1 Histórico do consumo e pagamento de energia elétrica

Uma das etapas mais importantes para o dimensionamento de um sistema de geração própria de energia elétrica visando a redução de custos com este insumo e até mesmo a autossuficiência energética é a obtenção e análise adequada da demanda e consumo de energia. A forma mais fácil de obter-se a média de consumo de energia elétrica de uma unidade consumidora é através da fatura mensal de energia que, por determinação na ANEEL, apresenta o histórico de consumo dos 12 últimos meses.

A ERB possui um perfil de consumo de energia (kWh) e pagamento (R\$) conforme apresentado pelos **Gráficos 8 e 9**, respectivamente.

Gráfico 8 – Histórico de consumo dos anos de 2014 e 2015

Fonte: Autor

Gráfico 9 – Histórico de pagamento dos anos de 2014 e 2015

Fonte: Autor

Através da análise dos dados contidos nos Gráficos 8 e 9 verifica-se que a média de consumo mensal foi de 1.082 kWh e a média de pagamento foi de R\$ 589,60. Especificamente pelo Gráfico 8 nota-se o aumento expressivo no preço da tarifa de energia elétrica ocorrida em 2015 que, nas capitais do país, chegou a 54% sem contar com o efeito do acréscimo de R\$ 5,50 a cada 100 kWh consumido referente à bandeira tarifária vermelha do sistema de bandeiras tarifárias vigente no país desde 2015.

3.3.2 Curva de carga da ERB

A curva típica de carga média da ERB durante um período de 24 horas é mostrado pelo **Gráfico 10**.

Gráfico 10 – Curva de carga média diária da ERB

Fonte: Autor

Através dos Gráficos 5 e 10 verifica-se uma semelhança entre as curvas do tráfego, principalmente o de voz, e o da carga da ERB durante um período de 24 horas. Quanto maior o tráfego maior o consumo de energia da ERB por consequência do aumento do processamento e controle do sistema que mantém os parâmetros de operação dentro dos limites estabelecidos para garantia da qualidade do sinal e atendimento aos usuários da rede de telefonia móvel. Dessa forma, a carga é praticamente constante nos horários de pouca utilização da rede de celular que é caracterizada pelo final da noite e madrugada. Da mesma maneira, ocorre um pico na demanda em horários na parte da manhã, meio do dia, final da tarde e início do período noturno.

3.4 Especificação do sistema de geração próprio ideal

3.4.1 Sistema fotovoltaico

Para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico deve-se definir o tipo de aplicação e tecnologia a ser utilizada. Existem dois tipos principais de sistemas fotovoltaicos no que diz respeito à sua operação: os isolados (*off grid*) e os conectados à rede elétrica (*on grid*), sendo o último o tipo escolhido para o desenvolvimento desse trabalho.

O projeto de um sistema fotovoltaico conectado à rede envolve a avaliação da disponibilidade do recurso solar, a localização e aspectos físicos como espaço disponível, proximidade de obstáculos que possam gerar sombreamento sobre os módulos, circulação de ventos próximos aos painéis, além da verificação da demanda de energia a ser atendida obtida pela análise do consumo de energia elétrica dos últimos 12 meses. Costuma-se projetar um SFCR para satisfazer totalmente a demanda de energia elétrica da unidade consumidora.

A ERB objeto desse trabalho fica localizada na cidade de Campinas cujas coordenadas geográficas são 22°55'19.9" ao Sul e 46°55'45.1" ao Oeste com uma altitude de 814 metros. A estação possui uma área total de 250 m² (12,5 X 20 metros) e é cercada por muros e portão de chapa metálica. A torre metálica de 60 metros fica aproximadamente no meio do terreno e ela é o principal objeto que pode causar sombreamento e prejudicar substancialmente o desempenho do sistema, pois nos arredores existe vegetação rasteira e pequenos arbustos ocasionais. Dessa forma, os painéis devem ser instalados orientados para direção norte e à frente da torre com o intuito de maximizar o aproveitamento solar e impedir o sombreamento nos painéis.

A respeito do recurso solar está descrito no item 4.2.2 que a irradiação solar diária média anual é de 4,9 kWh/m².dia. Considerando então um consumo de energia médio mensal de 1.082 kWh, uma taxa de desempenho de 70% já considerando as perdas no cabeamento e conectores, eficiência do inversor, *mismatch* entre módulos, etc. e o consumo mínimo mensal de energia ou taxa de

disponibilidade¹ de 50 kWh conforme estabelecido pela REN 499/2012 temos uma potência pico de 10 kW para atender integralmente à demanda de energia ERB.

Com a potência pico P_{FV} definida é necessário determinar o tipo e quantidade de módulos fotovoltaicos, além de realizar o dimensionamento do inversor especial que fará a conexão do sistema à rede pública de distribuição de energia.

Os módulos fotovoltaicos mais comuns no mercado brasileiro são os de silício policristalino e comercialmente os mesmos são encontrados em diversas faixas de potência, sendo os modelos de 250 Wp bastante comuns e que vão atender à potência pico de 10 kW determinada para a ERB. Logo, o número de módulos fotovoltaicos ideal para atendimento integral à carga é de 40 unidades.

Após determinada a potência do gerador fotovoltaico e o modelo e quantitativo dos módulos fotovoltaicos que serão utilizados é dimensionada então a potência e o tipo do inversor especial. Existem diversos tipos, fabricantes, modelos e potência de inversores disponíveis no mercado, sendo que uma variável importante para ser considerada na especificação é a tensão de trabalho na sua saída, visto que atualmente estes equipamentos são monofásicos em 220/240 V ou trifásicos, ou seja, um inversor somente operará normalmente em paralelo com a rede sem utilização de transformadores caso a entrada de energia da unidade consumidora seja bifásica ou trifásica. Outro ponto importante na especificação do inversor é o número de entradas independentes disponíveis com seguidores de ponto de máxima potência (*MPPT - Maximum Power Point Tracking*), além da verificação do local de sua instalação para evitar que seja instalado em locais sujeitos a altas temperaturas, o que vai impactar diretamente na potência de saída do equipamento.

Assim sendo e, considerando o FDI de 0,85, um inversor que atende ao projeto possui potência de saída em corrente alternada de 8,2 kW que permita ligar pelo menos 3 painéis ou *strings* em paralelo numa mesma entrada ou diferentes com ou sem MPPTs independentes ou ainda dois inversores de 4,2kW. A associação dos módulos em série deve considerar as faixas mínimas e máximas de tensão de operação dos inversores considerando o período sazonal no ano.

1 - Valor mínimo a ser pago na fatura para manter a disponibilidade de energia elétrica na unidade consumidora.

Obviamente que a determinação da quantidade e modelo do inversor que será ou serão utilizados vai depender da disponibilidade e custos envolvidos no momento da aquisição do equipamento.

3.4.2 Sistema eólico

A avaliação técnica do potencial eólico exige um conhecimento detalhado do comportamento dos ventos. Os dados relativos a esse comportamento que auxiliam na determinação do potencial eólico de uma região são relativos à intensidade da velocidade e à direção do vento. Para obter esses dados, é necessário também analisar os fatores que influenciam o regime dos ventos na localidade do empreendimento. Entre eles pode-se citar o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos distribuídos ao longo da região.

A ERB está instalada num terreno com vegetação rasteira, árvores e arbustos de pequeno porte e ocasionais, pois a região é constituída por muitas formações rochosas. Logo, a influência do relevo nos ventos pode ser considerada de impacto mediano e coeficiente n da lei da potência de valor intermediário.

Para o dimensionamento de um sistema eólico de pequeno porte deve-se também definir o tipo de aplicação e tecnologia a ser utilizada. Também existem dois tipos principais de sistema de geração eólica no que diz respeito à sua operação: os isolados (*off grid*) em conjunto com sistema de armazenamento de energia ou baterias e os conectados à rede elétrica (*on grid*).

Uma estação de telefonia celular e repetidora de rádios micro-ondas possui carga predominante em energia de corrente contínua (CC). Dessa forma, uma das formas de implantar um sistema gerador eólico é gerar diretamente em corrente contínua ou em corrente alternada e possuir sistema de controle e retificação para atender diretamente a carga CC e até mesmo a carga interna de corrente alternada através da utilização de um inversor. Porém, para operar sem conexão à rede ou de forma isolada é necessário o uso de banco de baterias para armazenamento da energia gerada pelos aerogeradores.

Portanto, através do conhecimento das características dos ventos na região da instalação do sistema eólico, seja pela utilização dos atlas e mapeamentos eólicos ou pela utilização de dados obtidos em estações meteorológicas próximas, e por meio da utilização dos cálculos necessários para correção dos dados e adequação à localidade em estudo é possível estimar a produção energética de uma ou mais turbinas eólicas determinando a capacidade de geração e o aspecto construtivo ideal para a aplicação.

Assim sendo, por características e restrições físicas de instalação e pelo perfil dos ventos na região a uma altura de 25 metros foi especificado dois aerogeradores de 1 kW com eixo horizontal, com sistema de acompanhamento da direção do vento e com sistema de proteção contra sobre velocidade. O sistema de armazenamento de energia, ou seja, as baterias que fazem parte do sistema de geração eólico, deverá prever autonomia para a carga de 3 dias sem a incidência de ventos com velocidade suficiente para carregar as baterias e fornecer energia à carga CC. O controlador de carga deverá ser dimensionado para a potencia pico do sistema eólico de 2 kW.

4. IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICO E FOTOVOLTAICO

No ano de 2014 foi identificada a possibilidade de implantação de um sistema de geração próprio de energia em uma estação ou central de telecomunicações no estado de São Paulo utilizando as fontes solar fotovoltaica e eólica, visto que foi constatada a existência de equipamentos como módulos fotovoltaicos, aerogeradores, controlador de carga e baterias oriundos de uma proposta passada que não foi desenvolvida e que estavam armazenados em um centro logístico da operadora detentora da estação de telefonia celular. Então, emergiu a oportunidade do desenvolvimento de um projeto de geração eólico e fotovoltaico utilizando duas concepções distintas de operação, ou seja, a geração com conexão à rede elétrica e a geração isolada com auxílio de um sistema de armazenamento de energia. Por conseguinte iniciou-se o planejamento para viabilizar a execução da implantação do projeto em uma ERB e realização de um estudo de viabilidade técnica-econômica com o objetivo de fornecer subsídios para a aplicação do conceito de geração distribuída por fontes renováveis em outros projetos nos setores como o de telecomunicações, comercial e residencial, sejam em áreas remotas ou urbanas.

A **Figura 17** apresenta graficamente a linha do tempo e as etapas de implantação do projeto piloto.

Fonte: Autor

4.1 Representação da ERB e do projeto eólico-fotovoltaico

A ERB é um conjunto de um ou mais transmissores e receptores destinado à radiocomunicação com a ETA. A estação eleita para implantação do projeto de geração própria de energia é do tipo *Greenfield* e possui torre metálica de 60 metros de altura. Os painéis fotovoltaicos foram instalados em estrutura de sustentação metálica específica e os aerogeradores foram instalados na própria torre existente por motivo da não existência de estrutura própria para suporte, insuficiência de recursos financeiros para aquisição de torre apropriada e também por restrição de espaço físico adequado.

Diante deste cenário, a **Figura 18** expõe a representação gráfica do sistema de geração proposto neste projeto.

Figura 18 – Representação do projeto de geração de energia eólico e fotovoltaico

Fonte: Autor

O projeto contemplou a instalação de vinte e quatro módulos fotovoltaicos de capacidade unitária de 180 Wp, um inversor especial de 4200 W para conexão à rede elétrica de distribuição, dois aerogeradores de 1000 W cada, um controlador de carga e um banco de baterias de 100 A.h. Ele não foi projetado para suprir 100% e sim 40% da necessidade de energia elétrica local, visto que os equipamentos já existiam e foram disponibilizados para o desenvolvimento do sistema eólico e fotovoltaico utilizando as tecnologias de geração isolada e com paralelismo junto à rede pública.

As **Figuras 19 e 20** exibem os diagramas esquemáticos dos sistemas de geração eólico isolado e fotovoltaico conectado à rede, respectivamente.

Figura 19 – Disposição esquemática dos equipamentos de geração eólica

Fonte: Autor

Figura 20 – Disposição esquemática dos equipamentos de geração fotovoltaica

Fonte: Autor

4.2 Características técnicas dos equipamentos

4.2.1 Aerogeradores

Os dois aerogeradores são compostos basicamente por um rotor (três pás), pelo eixo horizontal, pelo cubo, pelo mecanismo de direcionamento do rotor para a orientação do vento e pelo gerador que quando excitado pelo vento transforma a energia mecânica em energia elétrica de corrente alternada (CA) trifásica. Eles são do fabricante *Bergey Wind Power* cuja potência nominal é 1 kW e cujas principais características técnicas são mostradas pela **Tabela 8** e o **Gráfico11**.

Tabela 8 – Características técnicas dos aerogeradores

Potência nominal	1000 W
Potência máxima	1500 W
Velocidade nominal do vento	11 m/s
Velocidade de startup do vento	2,5 m/s
Velocidade de corte do vento	20 m/s
Velocidade máxima de projeto do vento	50 m/s
Tensão de saída	27-70Vac;0-100Hz
Diâmetro da Lâmina	2,44 m
Peso	34 kg
Tipo do gerador	Imã permanente

Fonte: bergey.com (2014)

Gráfico 11 – Curva de operação do aerogerador

Fonte: bergey.com (2014)

A tensão de saída dos aerogeradores é então convertida de CA em CC através de retificador e por fim gerenciada e controlada pelo gerenciador de cargas para carregar e flutuar as baterias e também fornecer energia para a carga CC (equipamentos de telefonia celular, rádios micro-ondas e sistema de ventilação forçada dos gabinetes).

4.2.2 Controlador de carga

O controlador de carga é do fabricante Huawei modelo HPS2000E, com proteção eletromecânica e eletrônica. A turbina eólica converte energia mecânica em energia elétrica CA. Em seguida, os retificadores convertem a energia CA em energia CC e transmite a alimentação CC ao distribuidor CC e por conseguinte a energia gerada pelas turbinas alimentam as cargas e baterias de armazenamento.

A **Tabela 9** apresenta as principais características técnicas do controlador de carga utilizado no projeto eólico.

Tabela 9 – Características principais do controlador de carga

Quantidade de Aerogeradores em paralelo	2
Tensão de entrada	0 Vcc a 150 Vcc
Tensão de saída	-60 Vcc a -40 Vcc, tensão nominal: -53,5 Vcc
Flutuar a tensão de carregamento de baterias	52 Vcc a 56 Vcc, tensão nominal: 53,5 Vcc
Equalizada tensão de carga	54 Vcc a 58 Vcc, tensão nominal: 57,6 Vcc
Eficiência	≥ 98%
Proteção contra surtos - entrada	Modo diferencial: ± 3 kA, modo comum: ± 5 kA, 8/20 us
Consumo em Standby	3 W
Proteções	Ligação anti-reversa de saída da bateria
	Entrada sobretensão limiar de proteção: 153 Vcc
	Entrada subtensão limiar proteção: tensão da bateria (máxima)
	Saída limiar de proteção de sobretensão: 58,5 V DC a 62 V DC
	Saída de proteção de curto-circuito: resistente a curto-circuito de longo prazo
	Auto-recuperação
	A proteção de sobretemperatura: 65 °C; módulo de energia desligado

Fonte: Huawei Technologies Ltd (2009)

4.2.3 Sistema de armazenamento de energia

O sistema de armazenamento de energia, ou seja, as baterias são do tipo estacionárias do fabricante Moura modelo Clean Nano 12MF100 de capacidade nominal C_{20} de 100 A.h. O banco de baterias é composto por 4 baterias em série para totalizar a tensão nominal de 48 Vcc normalmente utilizada para fornecer energia para os equipamentos como rádios micro-ondas e de transmissão via fibra ótica.

A **Tabela 10** apresenta as principais características técnicas do sistema armazenamento de energia.

Tabela 10 – Características principais das baterias

Modelo	12MF100
Tensão Nominal (V)	12
Capacidade Ah a 25°C (20h;1,75Vpe)	100
Dimensões (C*L*A)mm	330*172*244
Peso (Kg)	27,3
Icc (A)	2516
Rint (mohm)	4,9

Fonte: Acumuladores Moura (2014)

4.2.4 Módulos fotovoltaicos

O projeto contemplou a instalação de vinte e quatro módulos fotovoltaicos de capacidade unitária de 180 Wp totalizando uma potência total de 4320 Wp. Os módulos são do fabricante Suntech modelo STP180S-24/Ad e possuem células do tipo silício monocristalino. A **Tabela 11** apresenta as principais características técnicas dos módulos fotovoltaicos.

Tabela 11 – Características principais dos módulos fotovoltaicos

Modelo	STP180S-24/Ad
Potência Máxima (Pmax)	180W
Tolerância da Saída	0/+5W
Corrente em Pmax	5A
Tensão em Pmax	36V
Corrente de Curto Circuito	5.29A
Tensão de Circuito Aberto	44,8V
Temperatura Nominal de Operação	45°C +- 2°C
Peso	17,2 kg
Dimensão	1580x808x35
Tensão Máxima do Sistema	1000V
Taxa Máxima de Fusíveis em série	15A
Tecnologia da célula	Mono-Si

Fonte: Suntech Power (2009)

4.2.5 Inversor on grid

O inversor que realiza o paralelismo e conexão com a rede pública de distribuição é do fabricante ABB modelo PVI-4.2-TL-OUTD de 4,2 kW de potência nominal de saída. Este componente já possui a certificação junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) conforme determinação da legislação vigente, além de atender às normas internacionais e ser um dos inversores mais instalados em todo o mundo.

A **Tabela 12** apresenta as principais características técnicas do inversor on grid. Utilizado no projeto.

Tabela 12 – Características principais do inversor on grid

Máxima Potência CC	4375W
Máxima Tensão CC	600V
Faixa de Operação SPMP (MPPT)	0,7 Vstart.....580V
Tensão CC de Partida (Vstart)	120-350Vcc
Corrente CC Máxima / Para cada MPPT	32 / 16 A
Máxima Corrente de Curto Circuito na Entrada para cada MPPT	20A
Número de Strings em Paralelo	2
Conector CC	WM / MC 4
Máxima potência CA	4600 W
Tipo de conexão à rede CA	Monofásico
Faixa de operação da Tensão de Saída	180...264 Vca
Máxima corrente de saída CA	20A
Eficiência Máxima	96,80%
Dimensões (L*A*P) [mm]	618mm x 325mm x 222mm
Peso Líquido [kg]	17,5
Grau de Proteção IP	IP65

Fonte: ABB Solar Inverters (2014)

4.3 Instalação do sistema de geração eólico e fotovoltaico

Antes de iniciar a montagem das instalações dos equipamentos na ERB escolhida, teve-se que vencer algumas etapas fundamentais para a execução em campo do projeto elaborado. Dentre elas destacam-se a preparação, dimensionamento da equipe de instalação, programação e conciliação das

atividades diárias dos técnicos com as necessidades do projeto, além do transporte físico de todos os materiais, equipamentos e insumos previstos para instalação.

4.3.1 Implantação civil

Após a disponibilização dos equipamentos foi realizado o transporte das estruturas metálicas para suportar os módulos fotovoltaicos e os aerogeradores. Então, como parte da primeira etapa da implantação, foi programada a equipe para a instalação das referidas estruturas de sustentação em aço galvanizado.

Com a participação de duas equipes distintas foi iniciado o trabalho de instalação da parte civil incluindo os serviços de adequações na alvenaria existente e soldas. A equipe no solo iniciou a fixação dos mastros e das travessas enquanto a outra equipe iniciou os preparativos para subida na torre a fim de instalar também as estruturas para sustentar os aerogeradores.

Com relação ao sistema fotovoltaico os suportes foram montados conforme projeto e de forma progressiva com uma distância suficiente dos muros laterais que delimitam a área da ERB para evitar sombreamento nos módulos. Foram utilizadas algumas placas fotovoltaicas durante a montagem para aferição do distanciamento entre as travessas. A **Figura 21** mostra as estruturas já montadas nas suas respectivas bases.

Figura 21 – Montagem das estruturas metálicas de sustentação dos módulos fotovoltaicos

Fonte: Autor

No tocante ao sistema eólico as estruturas que sustentam os dois aerogeradores foram projetadas para serem instaladas diretamente na torre por falta de espaço físico adequado e também por insuficiência de recursos para a realização da aquisição dos mastros para instalação diretamente no solo. Com o intuito de evitar o esforço mecânico na torre de celular que pudesse com o tempo comprometer sua sustentação e para possibilitar o seguimento do vento pelos aerogeradores, quando os mesmos giram 360 graus em torno de seu próprio eixo, os suportes foram instalados na posição vertical fazendo com que a nova estrutura fizesse parte do alicerce da torre existente. Um ponto importante e de grande dificuldade técnica na instalação dos suportes foi o estaiamento da estrutura para diminuir os esforços sobre o próprio suporte e sobre a torre. A **Figura 22** mostra a instalação dos suportes nos dois níveis de altura.

Figura 22 – Montagem dos alicerces de sustentação aerogeradores

Fonte: Autor

4.3.2 Instalação do sistema de geração fotovoltaico

A última etapa de implantação do projeto abrangeu a instalação dos módulos fotovoltaicos, do aterramento dos módulos e das estruturas metálicas e carcaças, dos protetores contra surtos elétricos, dos dispositivos de manobra e seccionamento e dos cabeamentos tanto do lado de corrente contínua quanto do de corrente alternada. Nessa etapa foi instalado fisicamente o inversor e realizada a solicitação de acesso à rede pública junto à concessionária local conforme procedimentos

estabelecidos pela resolução normativa 482/2012 da ANEEL, sendo gerados o número da atividade 176929897 e a nota de serviço número 809854728.

Os painéis foram instalados na altura do muro que cerca a ERB e voltados para o norte com tilt de 15 graus e azimuth de -10 graus. A **Figura 23** exhibe os painéis e o inversor instalados.

Figura 23 – Módulos fotovoltaicos e inversor instalados

Fonte: Autor

O sistema fotovoltaico aqui apresentado é do tipo conectado à rede, cuja principal característica é possuir um dispositivo automatizado de condicionamento de potência e acoplamento à rede, capaz de sincronizar automaticamente a geração (em corrente contínua) das células fotovoltaicas (o elemento ativo de geração) em corrente alternada de acordo com os valores de frequência e tensão da rede a qual está conectado.

O SFCR possui sistema de proteção contra ilhamento, relês e temporizadores para sincronismo, controle de frequência, tensão e fator de potência. Todas essas funcionalidades são implementadas através do inversor, que é o componente principal do sistema fotovoltaico com paralelismo à rede, responsável pelo gerenciamento, controle e coleta de dados operacionais. Devido às características do dispositivo de condicionamento de potência o SFCR é totalmente dependente da rede e, dessa forma, não opera de forma autônoma.

O sistema fotovoltaico possui potência pico, ou seja, a potência total do conjunto de módulos fotovoltaicos em condições de laboratório de 4.320 Wp e o inversor possui potência nominal 4.200 W. A **Figura 24** apresenta o diagrama unifilar do SFCR deste projeto.

Figura 24 - Diagrama unifilar do SFCR

Fonte: Autor

4.3.2.1 String de módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos foram associados eletricamente entre si de forma serial formando dois painéis com 12 módulos cada de maneira a fornecer a tensão média de cada painel, em corrente contínua, de 440 V. A tensão gerada pela associação em série, dos módulos fotovoltaicos, varia de acordo ao nível de radiação solar incidente e de qualquer forma, havendo iluminação, sempre haverá tensão entre os terminais dos módulos fotovoltaicos.

Os módulos fotovoltaicos possuem, ligados à sua caixa de conexão, um par de cabos com dupla isolamento para 1 kV, de 90 cm, em cuja extremidade é ligado um conector tipo MC-4, que permite a interligação segura e impermeável.

4.3.2.2 Especificação do cabeamento de Corrente Contínua

Os condutores de ligação entre o painel fotovoltaico de uma fileira e a caixa de proteção instalada abaixo do inversor são do fabricante Condumax, modelo Maxlink R Flex SN FR - FV 0,6/1 kV, com isolamento para tensão nominal de trabalho para 1000 V em corrente contínua e temperatura de trabalho máxima de 125°C. A seção transversal é de 6 mm², calculada pelo método da queda de tensão. Parte deste condutor, aproximadamente 8 metros, ficará instalado em eletroduto flexível de policloreto de vinila (PVC) na cor preta e com alma de aço para o acondicionamento dos cabos de energia sobre o esteiramento exposto ao tempo.

4.3.2.3 Chave seccionadora dos circuitos de corrente contínua

Nos dois circuitos CC é utilizado o disjuntor modelo mult 9 do fabricante Merlin Gerin com uma classe de corrente de 20 A. Este dispositivo inclui uma função de proteção elétrica contra sobrecorrente conforme curva C. A tensão máxima nominal de operação é igual 650 V. Os disjuntores estão localizados dentro do quadro de proteção e controle instalado abaixo do inversor.

4.3.2.4 Dispositivo de proteção elétrica contra sobretensões e transientes (surtos)- corrente contínua

Como dispositivo de proteção contra surtos (DPS) é utilizado o modelo VCL 460 V 40 kA slim do fabricante Clamper. O VCL Slim é um DPS monopolar classe II, do tipo limitador de tensão, composto por varistor de óxido de zinco com capacidade de dreno de corrente de surto de até 90 kA na forma de onda 8/20µs. Possui

dispositivo interno que desconecta o DPS da rede caso este seja submetido a distúrbios acima da sua capacidade e também sinalização de status de operação através de bandeira.

O DPS utilizado tem uma tensão nominal de atuação de 2,5 kV e uma capacidade de corrente de atuação máxima de 40 kA. Os elementos estão instalados no quadro de proteção e controle.

4.3.2.5 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas

O sistema fotovoltaico aproveitou o sistema de aterramento funcional e sistema de proteção contra descargas atmosféricas já instalados na própria entrada de energia e torre metálica de celular.

4.3.2.6 Inversor

O inversor possui os sistemas de proteção necessários para conexão à rede já implementados em seu hardware e software. Os sistemas de proteção eletrônica são:

- Anti-ilhamento;
- Proteção contra falha na rede;
- Proteção de sub e sobretensão;
- Proteção de sub e sobrefrequência;
- Proteção de sobrecorrente;
- Sistema de sincronismo digital automático;
- Elemento de desconexão automático.

Local de instalação

O inversor está afixado dentro da gaiola de proteção do equipamento de telecomunicações existente conhecido como BTS (Base Transmission System) ao nível do solo. Encontra-se a uma distancia de 10 metros do ponto de conexão à rede de distribuição. O sistema está protegido, por segurança, através da instalação de cadeado específico para tal fim.

Ajustes das proteções do inversor

As faixas de tensão e frequência de operação ajustadas para o sistema fotovoltaico são demonstradas pelas **Tabelas 13 e 14**, respectivamente.

Tabela 13 – Ajustes de tensão do inversor

TENSÃO DA REDE	AÇÃO DO INVERSOR
$V_{REDE} < 176 \text{ V}$	Desconexão em 0,4 segundos
$176 \text{ V} \leq V_{REDE} \leq 242 \text{ V}$	Operação Normal
$V_{REDE} > 242 \text{ V}$	Desconexão em 0,2 segundos

Fonte: Autor

Tabela 14 – Ajustes de frequência do inversor

FREQUÊNCIA DA REDE	AÇÃO DO INVERSOR
$F_{REDE} < 57,5 \text{ Hz}$	Desconexão em 0,5 segundos
$57,5 \text{ Hz} \leq F_{REDE} \leq 60,5 \text{ Hz}$	Operação Normal
$F_{REDE} > 60,5 \text{ Hz}$	Desconexão em 0,5 segundos

Fonte: Autor

Por fim, o tempo ajustado para religamento, em caso de falhas da rede (sub ou sobre tensão; sub ou sobre frequência; queda ou desligamento, etc.), foi ajustado em 120 segundos.

4.3.2.7 Especificação do cabeamento de corrente alternada

Os condutores de ligação entre a caixa de proteção e o ponto de acesso à rede também são do fabricante Condumax, modelo Maxlink R Flex SN FR - FV 0,6/1 kV. A seção transversal é de 6 mm², calculada pelo método da queda de tensão. Parte deste condutor de aproximadamente 10 metros ficará instalado em eletroduto flexível de PVC na cor preta com alma de aço sobre o esteiramento ao tempo próprio para o acondicionamento de cabos de energia.

4.3.2.8 Dispositivo de proteção e manobra contra sobrecorrentes

Como disjuntor geral CA é utilizado o modelo Mult 9 do fabricante Merlin Gerin com uma classe de corrente de 25 A. Este dispositivo inclui uma função de proteção elétrica contra sobrecorrente conforme curva C. A tensão máxima nominal de operação é igual a 380 V. O disjuntor localiza-se dentro do quadro de proteção e controle, abaixo do inversor interativo.

4.3.2.9 Dispositivo de proteção elétrica contra sobretensões e transientes (surtos) - corrente alternada

Como DPS é utilizado o modelo VCL 175 V 40 kA slim do fabricante Clamper, O VCL slim é um DPS monopolar classe II, do tipo limitador de tensão, composto por varistor de óxido de zinco com capacidade de dreno de corrente de surto de até 90 kA na forma de onda 8/20µs. Possui dispositivo interno que desconecta o DPS da rede caso este seja submetido a distúrbios acima da sua capacidade e também sinalização de status de operação através de bandeirola.

O DPS utilizado tem uma tensão nominal de atuação de 2,5 kV e uma capacidade de corrente de atuação máxima de 40 kA. Os elementos estão instalados no quadro de distribuição geral localizado ao lado do disjuntor geral de proteção após o medidor de energia.

4.3.2.10 Sinalização de segurança

Foi afixada no poste padrão do ramal de entrada, uma placa indicativa de que a unidade consumidora possui sistema de geração própria, conforme definição da norma técnica GED-15303 da concessionária local intitulada Conexão de Micro e Minigeração Distribuída Sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. A placa sinalizadora é composta de acrílico, com formato, dimensões e conteúdo conforme mostrado pela **Figura 25**.

Figura 25 – Placa sinalizadora de geração própria de energia

Fonte: CPFL (2016)

4.3.3 Instalação do sistema de geração eólico

A segunda etapa do projeto constou da instalação dos aerogeradores, do controlador de carga e do sistema de armazenamento de energia. As turbinas eólicas foram içadas, uma por vez, até o seu respectivo mastro e após a fixação das mesmas foi verificado o balanceamento das pás e por fim realizada a passagem dos circuitos elétricos de seção transversal de 6 mm² e isolamento de 0,6/1kV até a entrada do controlador de cargas. As carcaças e partes metálicas do sistema eólico foram aterradas na própria torre de celular que está conectada à malha de aterramento principal tanto por sua fundação quanto por cabos de cobre nu de seção transversal de 50mm² conectados por solda exotérmica. A integração do sistema eólico para

fornecimento de energia diretamente para a carga alimentada em corrente contínua também foi escopo dessa fase do projeto.

As **Figuras 26, 27 e 28** apresentam os aerogeradores 1 e 2 instalados na torre a uma altura de 7 e 10 metros, o controlador de carga e as baterias integrantes do sistema de geração, respectivamente.

Figura 26 – Aerogeradores instalados

Fonte: Autor

Figura 27 – Controlador de carga instalado

Fonte: Autor

Figura 28 – Sistema de armazenamento de energia

Fonte: Autor

4.4 Estimativas de geração de energia

4.4.1 Sistema fotovoltaico

Apesar da potência pico do SFCR ter o valor de 4.230 W, as características elétricas dos módulos fotovoltaicos sofrem variações devido à temperatura e radiação solar.

A região da cidade de Campinas possui media anual de radiação solar de 4,9 kWh/m²/dia. O **Gráfico 12** abaixo apresenta a estimativa anual de geração de energia do gerador fotovoltaico instalado na ERB obtida através de simulações realizadas no software PVsyst.

Gráfico 12 – Estimativa anual de geração de energia fotovoltaica

Fonte: Autor

4.4.2 Sistema eólico

Através dos dados dos ventos coletados entre março de 2014 a julho de 2015 em uma torre anemométrica de 25 metros de altura instalada na cidade de Campinas foi possível dividi-los em classes de velocidades. Dessa forma, os dados foram compactados e relacionados à frequência de ocorrência nas velocidades dos ventos e, por conseguinte foi obtida a frequência relativa ao número de vezes em que foram registrados os valores da velocidade dentro do intervalo determinado. Então, por meio da lei da potência utilizando um valor intermediário do coeficiente n pelo fato da ERB estar instalada em um terreno com vegetação rasteira, árvores e arbustos de pequeno porte e ocasionais, foi realizada a correção da altura de referência para as alturas de 7 e 10 metros as quais os aerogeradores foram instalados. Por fim, com os valores das velocidades médias mensais, frequências relativas em cada intervalo determinado de velocidade e pela utilização da curva de operação dos aerogeradores foi estimada a energia gerada do sistema eólico conforme mostrado pelo **Gráfico 13**.

Gráfico 13 – Estimativa anual da geração de energia dos aerogeradores 1 e 2

Fonte: Autor

4.5 Sistema de aquisição de dados e monitoramento remoto

Neste trabalho foram desenvolvidos dois sistemas distintos para aquisição de dados. Para o sistema de geração eólico foi utilizado um registrador de dados autônomo com armazenamento local e para o fotovoltaico foi utilizado o sistema de comunicação wireless do inversor e desenvolvido um sistema via rede de transmissão de dados através da tecnologia de rede SDH para acesso e monitoramento remoto ao equipamento e dados nele armazenados.

4.5.1 Sistema de aquisição de dados e monitoramento remoto do sistema fotovoltaico

Para monitoramento, coleta e análise dos dados da geração de energia dos painéis fotovoltaicos foi projetado um sistema de transmissão digital de transporte de informações utilizando uma rede existente da tecnologia SDH.

A solução adotada passou pela configuração de um circuito que transporta os dados obtidos da geração fotovoltaica por fibra ótica existente do local de instalação do projeto na cidade de Campinas até a um servidor instalado em uma estação concentradora de telecomunicações na cidade de São Paulo para propiciar o acesso remoto ao inversor especial.

O circuito de transmissão de dados foi configurado a uma taxa de 2Mbits/s com proteção por dupla abordagem de fibra ótica em anéis existentes entre as duas cidades paulistas e, com isso, garantindo o transporte das informações com alto índice de disponibilidade e segurança efetiva. A **Figura 29** mostra os anéis existentes da rede SDH entre a ponta A (local de instalação do projeto) e a ponta B (local de instalação do servidor remoto de armazenamento de dados).

Figura 29 – Rede SDH existente: anéis de proteção entre as pontas A e B

Fonte: Autor

O monitoramento e aquisição dos dados de campo utilizou interfaces disponíveis em equipamentos existentes de transmissão de fabricantes distintos e, por esta razão, vários tipos de protocolos de comunicação foram lançados de mão para garantir o sucesso na entrega dos dados armazenados e gerenciados localmente pelo inversor.

O inversor possui sistema Wireless de comunicação para acesso local via access point ou remoto por DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) e esta função foi utilizada para o gerenciamento das informações armazenadas no próprio inversor. Os dados são transmitidos por rede própria criada pelo equipamento e configurada localmente para um roteador *wifi* cuja saída ethernet (ETH) foi ligada diretamente a um conversor de interface ETH para o protocolo G.703 através de interface elétrica E1 com cabo coaxial que se liga a uma das interfaces do equipamento SDH/ADM (Add Drop Multiplex).

Os dados gerados são transportados entre as cidades de Campinas (ponta A) e São Paulo (ponta B) onde é realizado o processo inverso, ou seja, na saída do SDH foi instalado outro conversor de interface dos protocolos G.703 para ETH e por fim conectado ao servidor por cabo UTP. A **Figura 30** apresenta resumidamente a topologia do sistema remoto de monitoramento da geração fotovoltaica.

Figura 30 – Topologia do sistema de monitoramento remoto da geração fotovoltaica

Fonte: Autor

Os elementos de rede SDH, com proteção em anel e rotas projetadas para o transporte das informações coletadas em campo até o servidor utilizado para armazenamento dos dados de geração dos painéis fotovoltaicos são destacados pelas linhas azuis (rota principal) e linhas pretas (rota de proteção) na **Figura 31**. Esta figura mostra a tela real de um sistema de gerenciamento de rede de equipamentos SDH de fabricação da Alcatel.

ANEL_SP_101 : 2nd Level Subnetwork map

Highlight : SPO-OCM/CAS-1.R6XUXRQVR6XXMHL34_SPO_CAS5156736

Pres. TYPE All

The diagram illustrates a 2nd Level Subnetwork map for ANEL_SP_101. It features a central hub-and-spoke topology with several key nodes and connections:

- Central Nodes:** 1660_SPO_OCM... and 1660_SPO_VMSN... are the primary central nodes, connected by a thick blue double line.
- Peripheral Nodes:** 1662_SPO_OCM..., 1660_SCN_BMA..., 1660_SCN_CPES..., 1660_STS_1..., 1660_STS_2..., 1660_STS_3..., 1660_STS_4..., 1660_STS_5..., 1660_STS_6..., 1660_STS_7..., 1660_STS_8..., 1660_STS_9..., 1660_STS_10..., 1660_STS_11..., 1660_STS_12..., 1660_STS_13..., 1660_STS_14..., 1660_STS_15..., 1660_STS_16..., 1660_STS_17..., 1660_STS_18..., 1660_STS_19..., 1660_STS_20..., 1660_STS_21..., 1660_STS_22..., 1660_STS_23..., 1660_STS_24..., 1660_STS_25..., 1660_STS_26..., 1660_STS_27..., 1660_STS_28..., 1660_STS_29..., 1660_STS_30..., 1660_STS_31..., 1660_STS_32..., 1660_STS_33..., 1660_STS_34..., 1660_STS_35..., 1660_STS_36..., 1660_STS_37..., 1660_STS_38..., 1660_STS_39..., 1660_STS_40..., 1660_STS_41..., 1660_STS_42..., 1660_STS_43..., 1660_STS_44..., 1660_STS_45..., 1660_STS_46..., 1660_STS_47..., 1660_STS_48..., 1660_STS_49..., 1660_STS_50..., 1660_STS_51..., 1660_STS_52..., 1660_STS_53..., 1660_STS_54..., 1660_STS_55..., 1660_STS_56..., 1660_STS_57..., 1660_STS_58..., 1660_STS_59..., 1660_STS_60..., 1660_STS_61..., 1660_STS_62..., 1660_STS_63..., 1660_STS_64..., 1660_STS_65..., 1660_STS_66..., 1660_STS_67..., 1660_STS_68..., 1660_STS_69..., 1660_STS_70..., 1660_STS_71..., 1660_STS_72..., 1660_STS_73..., 1660_STS_74..., 1660_STS_75..., 1660_STS_76..., 1660_STS_77..., 1660_STS_78..., 1660_STS_79..., 1660_STS_80..., 1660_STS_81..., 1660_STS_82..., 1660_STS_83..., 1660_STS_84..., 1660_STS_85..., 1660_STS_86..., 1660_STS_87..., 1660_STS_88..., 1660_STS_89..., 1660_STS_90..., 1660_STS_91..., 1660_STS_92..., 1660_STS_93..., 1660_STS_94..., 1660_STS_95..., 1660_STS_96..., 1660_STS_97..., 1660_STS_98..., 1660_STS_99..., 1660_STS_100...

4.5.2 Registrador de dados autônomo do sistema eólico

O equipamento CAN-03 é composto por oito transdutores internos que proporcionam entradas analógicas para medição individual de grandezas como temperatura ambiente, umidade relativa, tensão e corrente. As medições são realizadas diretamente sobre os elementos de medição como transformadores de potencial e de corrente, além dos sensores de temperatura e umidade. Os dados coletados são processados localmente e ficam disponíveis em memória para leitura, podendo ser lidos por meio de acesso a uma porta serial RS-485 através de protocolo ModBus-RTU ou por saídas analógicas exteriorizadas de 0-5V ou 0-10V.

Para facilitar o acesso e manutenção do CAN-03 foi instalado também um pequeno quadro de sinais de telesupervisão e manutenção. Este quadro acondiciona de forma integrada tantos os cabos de sinais quanto os de energia e através dele é facilitado o acesso frontal a todas as funções e conexões da CAN-03.

Os dados da geração de energia dos aerogeradores 1 e 2 foram obtidos através da instalação individual de transformadores de corrente e de potencial na saída do sistema retificador e controle de carga dos dois equipamentos. O intervalo de tempo configurado para a coleta dos dados de tensão e corrente do sistema eólico foi de 1 minuto. O tratamento e análise dos dados obtidos foram suportados por software específico do próprio fabricante chamado Utrnet.

A **Tabela 15** apresenta as principais características técnicas do equipamento CAN-03.

Tabela 15 – Características Técnicas do CAN-03

MANAGEMENT SOLUTIONS	
Entradas Analógicas - Telemedidas	até 8 (AC - 0-250V; DC 0-60V)
Conversor A/D	Resolução de 16 bits com filtro de 60 Hz e isolamento galvânica de 1000V
Saídas Analógicas	8 saídas pré-configuradas de 0-5V ou 0-10V
Interface de Comunicação	1 Porta serial RS-485; 1200bps
Protocolo de Comunicação	ModBus-RTU
Alimentação	De -36 a -72Vcc ; Corrente de consumo < que 100mA
Dimensões e Peso	125x207x35mm; 0.8kg
Condições ambientais de operação	De -20 a +60° C e umidade relativa de 10 a 90%

Fonte: TMN Technologies (2011)

Já a **Figura 32** mostra a topologia do sistema de monitoramento para a aquisição de dados local do sistema eólico.

Figura 32 – Topologia do sistema local de aquisição de dados do sistema eólico

Fonte: Autor

5. RESULTADOS

5.1 Geração Fotovoltaica

O **Gráfico 14** apresenta os resultados da geração de energia dos painéis fotovoltaicos a partir do dia 18/11/15 e também sua projeção de geração utilizando o software Pvsyst.

Pela análise da geração real nos primeiros meses de operação verifica-se um valor abaixo do previsto. A base de dados apresenta provavelmente muitos dias com pouca irradiação solar, muitas vezes devido ao tempo encoberto e precipitação acima da média histórica.

5.2 Geração Eólica

O **Gráfico 15** apresenta os resultados da geração de energia pelos 2 aerogeradores instalados a partir do dia 18/11/15 e também a estimativa da geração para os meses de agosto de 2016 em diante.

Gráfico 15 – Geração de energia do sistema eólico

Fonte: Autor

Pela análise do Gráfico 15 verifica-se que as micro turbinas eólicas apresentam rendimento diferentes e geram juntas uma média de 61,1 kWh por mês. As variações ocorrem em função da sazonalidade, intensidade e da turbulência dos ventos devido à proximidade do solo, visto que estão mais suscetíveis às influências causadas pela rugosidade, por exemplo. Ademais, as turbinas tiveram seu rendimento impactado devido à interferência na velocidade e direção dos ventos causada pela torre de telecomunicações onde as mesmas foram instaladas. Interessante notar que existe uma tendência de maior geração de energia a partir do meio do ano até o mês de novembro.

5.3 Sistema eólico e fotovoltaico

O sistema de geração eólico e fotovoltaico proposto neste trabalho também pode ser analisado como um sistema complementar, ou seja, aquele em que duas tecnologias de geração de energia elétrica são conjugadas para atendimento à demanda de energia da unidade consumidora. O **Gráfico 16** apresenta a curva de geração de energia em kWh do sistema fotovoltaico, dos aerogeradores 1 e 2, da

geração total do sistema eólico e ainda a demanda média horária referentes ao dia 24 de maio de 2016.

Gráfico 16 – Curva horária de geração de energia do sistema eólico e fotovoltaico

Fonte: Autor

Através do Gráfico 16 é possível verificar as curvas de geração média horária de todos os equipamentos de geração de energia instalados e concluir que a geração eólica pouco contribui para o sistema total principalmente nos horários onde não há geração fotovoltaica, ou seja, quando não há sol. É verificado também que a maior geração do sistema eólico se dá no período diurno com picos no meio do dia e entre as 17:00 e 19:00h e toda a energia produzida é armazenada nas baterias e fornecidas diretamente à carga CC da ERB. Dessa forma, sob o ponto de vista de complementariedade entre as duas fontes no referido dia o sistema eólico é insuficiente para suprir a demanda média horária da carga que é de 1,5 kW. Pode ser observado também que houve um período do dia em que a geração fotovoltaica ultrapassou a demanda horária requerida pela ERB e, nestes instantes, houve “exportação” de energia para a rede pública.

5.4 Análise financeira

5.4.1 Tarifa de energia

A tarifa de energia deve garantir o fornecimento de energia com qualidade e assegurar aos prestadores dos serviços receitas suficientes para cobrir os custos operacionais e remunerar os investimentos necessários para expandir a capacidade e garantir o atendimento.

A receita de serviço da distribuidora considerada pela ANEEL no estabelecimento das tarifas das concessionárias de distribuição é formada por duas parcelas: custos não gerenciáveis (parcela A) e custos gerenciáveis (parcela B).

A “parcela A” corresponde aos custos não gerenciáveis e compõe-se basicamente de custos relacionados à compra de energia e encargos e devem ser considerados de forma neutra, visto que uma vez homologados pelo regulador nos processos de reajuste ou de revisão tarifária, devem ser repassados integralmente às tarifas dos consumidores (pass-through).

Já a “parcela B” corresponde aos custos gerenciáveis e compõe-se pelos custos operacionais, quota de reintegração, remuneração apropriada do investimento e anuidades com veículos, imóveis administrativos, softwares, entre outros.

O reajuste e a revisão tarifária são aplicados para permitir que a tarifa seja suficiente a fim de cobrir custos necessários para realizar os serviços de maneira contínua, geral e eficiente.

A revisão tarifária periódica é um dos mecanismos de definição do valor de energia paga pelo consumidor, sendo realizada em média a cada quatro anos, de acordo com o contrato de concessão. O processo de revisão tarifária é aprovado em audiências públicas da ANEEL considerando todos os custos praticados pelas distribuidoras.

Já o reajuste tarifário é um dos mecanismos de atualização do valor da energia paga pelo consumidor, aplicado anualmente, de acordo com a fórmula prevista no contrato de concessão. Seu objetivo é restabelecer o poder de compra

da concessionária. A Equação 2.12 apresenta a forma de cálculo da Receita Reajustada (RR).

$$RR = parcela\ A + parcela\ B \times (IGPM \pm Fator\ X) \quad (2.12)$$

onde:

parcela A: custos não gerenciáveis;

parcela B: custos gerenciáveis;

IGPM: Índice Geral de Preços de Mercado;

Fator X: ganho de produtividade.

O objetivo do Fator X é estimar ganhos de produtividade da atividade de distribuição, e repassá-los em favor da modicidade tarifária em cada reajuste. Dessa forma, o Índice de Reajuste Tarifário (IRT) anual pode ser obtido pela utilização da **Equação 2.13**.

$$IRT = \frac{VPA_1 + VPB_0(1 + IGPM \pm X)}{RA_0} \quad (2.13)$$

onde:

VPA: valor da parcela A incorridos para atender ao mercado de referência em Data de Reajuste Atual (DRA) e em Data de Reajuste em Processamento (DRP);

VPB: valor da parcela B ($VPB_0 = RA_0 - VPA_0$);

RA₀: mercado de referência (realizado nos 12 meses anteriores à DRP) x tarifa de referência;

IGPM: Índice Geral de Preços de Mercado;

Fator X: ganho de produtividade.

Nos reajustes tarifários a parcela B é apenas corrigida pela inflação, descontando-se o ganho de produtividade do período (Fator X). Dessa forma, para efeito de simplificação dos cálculos e também para melhor compreensibilidade foram considerados a parcela A e o fator X constantes, além de não discorrer sobre a revisão tarifária periódica nem de questões sobre encargos setoriais como a retirada da cobrança da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) que deve ocorrer no ano de 2020. Além disso, para a realização da análise financeira ponderando todas as configurações possíveis do sistema de geração eólico e fotovoltaico foi considerado o custo do kWh de R\$0,55 registrado em maio/2016 para uma unidade comercial tipo B3 na região de Campinas, um acréscimo anual na tarifa de energia de 8% referente à média do IGPM dos últimos 17 anos e ainda uma demanda de energia constante da ERB. Ademais foi considerado um período de vida útil de 20 anos dos sistemas com uma substituição do inversor e também um decréscimo de 1% ao ano da eficiência dos módulos fotovoltaicos.

5.4.2 Sistema fotovoltaico implantado – 4,3 kWp

A **Tabela 16** apresenta o comparativo entre geração anual de energia e a sua respectiva geração monetária sem considerar nos cálculos a isenção de ICMS como primeiro cenário de avaliação. O custo total do referido sistema foi de R\$ 28.000,00, constituído pelos módulos fotovoltaicos totalizando 4,3 kWp, inversor, estruturas de fixação, projeto, material elétrico e outros custos levando em conta o ciclo de vida útil dos equipamentos (*Life Cycle Cost*).

Tabela 16 – Geração de energia e monetária anual do sistema fotovoltaico com ICMS

	Ano	Energia Ideal Anual (kWh/ano)	Demanda (kW)	Custo do kWh (R\$)	Geração Monetária (R\$/Ano)	Acumulado (R\$)
1	2016	5244,5	1,5	0,55	R\$ 2.884,48	R\$ 2.884,48
2	2017	5192,1	1,5	0,59	R\$ 3.084,08	R\$ 5.968,56
3	2018	5140,1	1,5	0,64	R\$ 3.297,50	R\$ 9.266,05
4	2019	5088,7	1,5	0,69	R\$ 3.525,69	R\$ 12.791,74
5	2020	5037,8	1,5	0,75	R\$ 3.769,66	R\$ 16.561,40
6	2021	4987,5	1,5	0,81	R\$ 4.030,52	R\$ 20.591,93
7	2022	4937,6	1,5	0,87	R\$ 4.309,44	R\$ 24.901,36
8	2023	4888,2	1,5	0,94	R\$ 4.607,65	R\$ 29.509,01
9	2024	4839,3	1,5	1,02	R\$ 4.926,50	R\$ 34.435,51
10	2025	4790,9	1,5	1,10	R\$ 5.267,41	R\$ 39.702,93
11	2026	4743,0	1,5	1,19	R\$ 5.631,92	R\$ 45.334,84
12	2027	4695,6	1,5	1,28	R\$ 6.021,65	R\$ 51.356,49
13	2028	4648,6	1,5	1,38	R\$ 6.438,34	R\$ 57.794,83
14	2029	4602,2	1,5	1,50	R\$ 6.883,88	R\$ 64.678,71
15	2030	4556,1	1,5	1,62	R\$ 7.360,24	R\$ 72.038,95
16	2031	4510,6	1,5	1,74	R\$ 7.869,57	R\$ 79.908,52
17	2032	4465,5	1,5	1,88	R\$ 8.414,14	R\$ 88.322,67
18	2033	4420,8	1,5	2,04	R\$ 8.996,40	R\$ 97.319,07
19	2034	4376,6	1,5	2,20	R\$ 9.618,95	R\$ 106.938,03
20	2035	4332,8	1,5	2,37	R\$ 10.284,59	R\$ 117.222,61

Fonte: Autor

Com base nos dados contidos na Tabela 16 temos como resultado um Payback Simples de 7 anos e 8 meses, um VPL de R\$ R\$ 25.608,18 e um TIR de 15% considerando uma TMA de 12% ao ano. Portanto, o sistema puramente fotovoltaico é viável sob o ponto de vista econômico, visto que a taxa de retorno mensal do investimento é de mais de 1,25%, que é um valor de rendimento significativamente acima dos investimentos tradicionais como a poupança e até mesmo os certificados de títulos bancários (CDBs).

Já a **Tabela 17** apresenta como segundo cenário o comparativo entre geração anual de energia e a sua respectiva geração monetária levando em conta a isenção do pagamento da alíquota de 18% de ICMS referente à quantidade de energia injetada gerada pela central geradora.

Tabela 17 – Geração de energia e monetária anual do sistema fotovoltaico - ICMS isento

	Ano	Energia Ideal Anual (kWh/ano)	Demanda (kW)	Custo do kWh (R\$)	Geração Monetária (R\$/Ano)	Acumulado (R\$)
1	2016	5244,5	1,5	0,55	R\$ 3.403,68	R\$ 3.403,68
2	2017	5192,1	1,5	0,59	R\$ 3.639,22	R\$ 7.042,90
3	2018	5140,1	1,5	0,64	R\$ 3.891,05	R\$ 10.933,94
4	2019	5088,7	1,5	0,69	R\$ 4.160,31	R\$ 15.094,25
5	2020	5037,8	1,5	0,75	R\$ 4.448,20	R\$ 19.542,46
6	2021	4987,5	1,5	0,81	R\$ 4.756,02	R\$ 24.298,48
7	2022	4937,6	1,5	0,87	R\$ 5.085,14	R\$ 29.383,61
8	2023	4888,2	1,5	0,94	R\$ 5.437,03	R\$ 34.820,64
9	2024	4839,3	1,5	1,02	R\$ 5.813,27	R\$ 40.633,91
10	2025	4790,9	1,5	1,10	R\$ 6.215,55	R\$ 46.849,45
11	2026	4743,0	1,5	1,19	R\$ 6.645,66	R\$ 53.495,11
12	2027	4695,6	1,5	1,28	R\$ 7.105,54	R\$ 60.600,66
13	2028	4648,6	1,5	1,38	R\$ 7.597,25	R\$ 68.197,90
14	2029	4602,2	1,5	1,50	R\$ 8.122,98	R\$ 76.320,88
15	2030	4556,1	1,5	1,62	R\$ 8.685,09	R\$ 85.005,96
16	2031	4510,6	1,5	1,74	R\$ 9.286,09	R\$ 94.292,06
17	2032	4465,5	1,5	1,88	R\$ 9.928,69	R\$ 104.220,75
18	2033	4420,8	1,5	2,04	R\$ 10.615,76	R\$ 114.836,50
19	2034	4376,6	1,5	2,20	R\$ 11.350,37	R\$ 126.186,87
20	2035	4332,8	1,5	2,37	R\$ 12.135,81	R\$ 138.322,68

Fonte: Autor

Utilizando os dados da Tabela 17 temos como resultado um Payback Simples de 6 anos e 8 meses, um VPL de R\$ R\$ 35.244,34 e um TIR de 17% considerando uma TMA de 12% ao ano. Portanto, considerando a isenção do ICMS o sistema fotovoltaico torna-se ainda mais atrativo economicamente.

Por fim, a **Tabela 18** traz como terceiro cenário de avaliação o comparativo entre geração anual de energia já com os dados reais das medições de campo e estimativas para os meses ainda sem resultados, além da sua respectiva geração monetária levando em conta a isenção do pagamento da alíquota de 18% de ICMS.

Tabela 18 – Geração de energia real e monetária anual do sistema fotovoltaico – ICMS isento

Ano		Energia Ideal Anual (kWh/ano)	Demanda (kW)	Custo do kWh (R\$)	Geração Monetária (R\$/Ano)	Acumulado (R\$)
1	2016	3312,7	1,5	0,55	R\$ 2.149,93	R\$ 2.149,93
2	2017	3279,6	1,5	0,59	R\$ 2.298,70	R\$ 4.448,63
3	2018	3246,8	1,5	0,64	R\$ 2.457,77	R\$ 6.906,41
4	2019	3214,3	1,5	0,69	R\$ 2.627,85	R\$ 9.534,26
5	2020	3182,1	1,5	0,75	R\$ 2.809,70	R\$ 12.343,96
6	2021	3150,3	1,5	0,81	R\$ 3.004,13	R\$ 15.348,09
7	2022	3118,8	1,5	0,87	R\$ 3.212,02	R\$ 18.560,11
8	2023	3087,6	1,5	0,94	R\$ 3.434,29	R\$ 21.994,40
9	2024	3056,8	1,5	1,02	R\$ 3.671,94	R\$ 25.666,34
10	2025	3026,2	1,5	1,10	R\$ 3.926,04	R\$ 29.592,38
11	2026	2995,9	1,5	1,19	R\$ 4.197,72	R\$ 33.790,10
12	2027	2966,0	1,5	1,28	R\$ 4.488,20	R\$ 38.278,31
13	2028	2936,3	1,5	1,38	R\$ 4.798,79	R\$ 43.077,10
14	2029	2906,9	1,5	1,50	R\$ 5.130,86	R\$ 48.207,96
15	2030	2877,9	1,5	1,62	R\$ 5.485,92	R\$ 53.693,88
16	2031	2849,1	1,5	1,74	R\$ 5.865,55	R\$ 59.559,43
17	2032	2820,6	1,5	1,88	R\$ 6.271,44	R\$ 65.830,87
18	2033	2792,4	1,5	2,04	R\$ 6.705,43	R\$ 72.536,29
19	2034	2764,5	1,5	2,20	R\$ 7.169,44	R\$ 79.705,73
20	2035	2736,8	1,5	2,37	R\$ 7.665,57	R\$ 87.371,30

Fonte: Autor

Pela Tabela 18 temos como resultado um Payback simples de 9 anos e sete meses, um VPL de R\$ R\$ 11.975,44 e um TIR de 11% considerando uma TMA de 12% ao ano. Portanto, o sistema fotovoltaico possui uma menor atratividade financeira.

5.4.3 Sistema fotovoltaico ideal – 10 kWp

Um sistema fotovoltaico de geração de energia geralmente é projetado para atendimento integral à carga da unidade consumidora. Dessa forma, o sistema ideal para ser instalado na ERB estudada neste trabalho tem potência pico de 10 kW, conforme especificado no item 3.4.1.

A **Tabela 19** apresenta o comparativo entre geração anual de energia e a sua respectiva geração monetária considerando nos cálculos a isenção de ICMS como único cenário de avaliação. O custo total do referido sistema foi de R\$ 60.000,00, constituído pelos módulos fotovoltaicos totalizando 10 kWp, inversor, estruturas de fixação, projeto, material elétrico e outros custos levando em conta o ciclo de vida útil dos equipamentos.

Tabela 19 – Geração de energia e monetária anual do sistema fotovoltaico ideal – ICMS isento

	Ano	Energia Ideal Anual (kWh/ano)	Demanda (kW)	Custo do kWh (R\$)	Geração Monetária (R\$/Ano)	Acumulado (R\$)
1	2016	12259,7	1,5	0,55	R\$ 7.956,52	R\$ 7.956,52
2	2017	12137,1	1,5	0,59	R\$ 8.507,11	R\$ 16.463,63
3	2018	12015,7	1,5	0,64	R\$ 9.095,80	R\$ 25.559,43
4	2019	11895,5	1,5	0,69	R\$ 9.725,23	R\$ 35.284,66
5	2020	11776,6	1,5	0,75	R\$ 10.398,22	R\$ 45.682,88
6	2021	11658,8	1,5	0,81	R\$ 11.117,77	R\$ 56.800,66
7	2022	11542,2	1,5	0,87	R\$ 11.887,12	R\$ 68.687,78
8	2023	11426,8	1,5	0,94	R\$ 12.709,71	R\$ 81.397,50
9	2024	11312,5	1,5	1,02	R\$ 13.589,23	R\$ 94.986,72
10	2025	11199,4	1,5	1,10	R\$ 14.529,60	R\$ 109.516,32
11	2026	11087,4	1,5	1,19	R\$ 15.535,05	R\$ 125.051,37
12	2027	10976,5	1,5	1,28	R\$ 16.610,07	R\$ 141.661,45
13	2028	10866,8	1,5	1,38	R\$ 17.759,49	R\$ 159.420,94
14	2029	10758,1	1,5	1,50	R\$ 18.988,45	R\$ 178.409,39
15	2030	10650,5	1,5	1,62	R\$ 20.302,45	R\$ 198.711,83
16	2031	10544,0	1,5	1,74	R\$ 21.707,38	R\$ 220.419,21
17	2032	10438,6	1,5	1,88	R\$ 23.209,53	R\$ 243.628,74
18	2033	10334,2	1,5	2,04	R\$ 24.815,63	R\$ 268.444,37
19	2034	10230,9	1,5	2,20	R\$ 26.532,87	R\$ 294.977,24
20	2035	10128,5	1,5	2,37	R\$ 28.368,94	R\$ 323.346,18

Fonte: Autor

Com base nos dados contidos na Tabela 19 temos como resultado um Payback Simples de 6 anos e 4 meses, um VPL de R\$ R\$ 87.668,38 e um TIR de 18% considerando uma TMA de 12% ao ano. Portanto, o sistema puramente fotovoltaico ideal para atendimento à ERB é viável sob o ponto de vista econômico, visto que a taxa de retorno mensal do investimento é de 1,5% que é um valor de rendimento significativamente acima dos investimentos bancários tradicionais.

5.4.4 Sistema eólico

A **Tabela 20** apresenta o comparativo entre geração anual de energia e a sua respectiva geração monetária sem considerar nos cálculos a isenção de ICMS, pois o sistema eólico implantado é do tipo isolado. O custo total do referido sistema foi de R\$ 34.000,00, contemplando o 2 aerogeradores de 1000 W, kit de instalação na torre, baterias, controlador de cargas, custo de manutenção e miscelâneas.

Tabela 20 – Geração de energia e monetária anual do sistema eólico com ICMS

Ano		Energia Ideal Anual (kWh/ano)	Demanda (kW)	Custo do kWh (R\$)	Geração Monetária (R\$/Ano)	Acumulado (R\$)
1	2016	1150,3	1,5	0,55	R\$ 632,64	R\$ 632,64
2	2017	1138,8	1,5	0,59	R\$ 676,42	R\$ 1.309,06
3	2018	1127,4	1,5	0,64	R\$ 723,23	R\$ 2.032,30
4	2019	1116,1	1,5	0,69	R\$ 773,28	R\$ 2.805,57
5	2020	1104,9	1,5	0,75	R\$ 826,79	R\$ 3.632,36
6	2021	1093,9	1,5	0,81	R\$ 884,00	R\$ 4.516,36
7	2022	1082,9	1,5	0,87	R\$ 945,18	R\$ 5.461,54
8	2023	1072,1	1,5	0,94	R\$ 1.010,58	R\$ 6.472,12
9	2024	1061,4	1,5	1,02	R\$ 1.080,51	R\$ 7.552,63
10	2025	1050,8	1,5	1,10	R\$ 1.155,29	R\$ 8.707,92
11	2026	1040,3	1,5	1,19	R\$ 1.235,23	R\$ 9.943,15
12	2027	1029,9	1,5	1,28	R\$ 1.320,71	R\$ 11.263,86
13	2028	1019,6	1,5	1,38	R\$ 1.412,10	R\$ 12.675,96
14	2029	1009,4	1,5	1,50	R\$ 1.509,82	R\$ 14.185,78
15	2030	999,3	1,5	1,62	R\$ 1.614,30	R\$ 15.800,08
16	2031	989,3	1,5	1,74	R\$ 1.726,01	R\$ 17.526,09
17	2032	979,4	1,5	1,88	R\$ 1.845,45	R\$ 19.371,54
18	2033	969,6	1,5	2,04	R\$ 1.973,15	R\$ 21.344,69
19	2034	959,9	1,5	2,20	R\$ 2.109,70	R\$ 23.454,39
20	2035	950,3	1,5	2,37	R\$ 2.255,69	R\$ 25.710,07

Fonte: Autor

Utilizando como base os dados contidos na Tabela 20 temos como resultado um Payback simples de 20 anos, um VPL negativo de R\$ 22.258,51 e um TIR também negativo de 2% considerando uma TMA de 12% ao ano. Portanto, o sistema puramente eólico é inviável sob o ponto de vista estritamente econômico.

Visto que o sistema é inviável financeiramente considerando as estimativas de geração de energia, não foram realizadas as simulações com os valores reais da geração eólica, visto que esses dados são menores que os estimados, o que leva a conclusão de que a referida análise também é economicamente inviável.

5.4.5 Sistema eólico e fotovoltaico

A **Tabela 21** apresenta o comparativo entre geração anual estimada de energia do sistema eólico de 2 kWp em conjunto com o fotovoltaico de 4,3 kWp e a sua respectiva geração monetária sem considerar nos cálculos a isenção de ICMS como primeiro cenário de avaliação. O custo total do referido sistema foi de R\$ 61.926,00, constituído por todos os equipamentos dos sistemas eólico e fotovoltaico, incluindo projeto, instalação e custos de operação e manutenção.

Tabela 21 – Geração de energia e monetária anual do sistema eólico e fotovoltaico com ICMS

	Ano	Energia Ideal Anual (kWh/ano)	Demanda (kW)	Custo do kWh (R\$)	Geração Monetária (R\$/Ano)	Acumulado (R\$)
1	2016	6394,8	1,5	0,55	R\$ 3.517,12	R\$ 3.517,12
2	2017	6330,8	1,5	0,59	R\$ 3.760,50	R\$ 7.277,62
3	2018	6267,5	1,5	0,64	R\$ 4.020,73	R\$ 11.298,35
4	2019	6204,8	1,5	0,69	R\$ 4.298,96	R\$ 15.597,31
5	2020	6142,8	1,5	0,75	R\$ 4.596,45	R\$ 20.193,77
6	2021	6081,4	1,5	0,81	R\$ 4.914,53	R\$ 25.108,29
7	2022	6020,5	1,5	0,87	R\$ 5.254,61	R\$ 30.362,90
8	2023	5960,3	1,5	0,94	R\$ 5.618,23	R\$ 35.981,14
9	2024	5900,7	1,5	1,02	R\$ 6.007,01	R\$ 41.988,15
10	2025	5841,7	1,5	1,10	R\$ 6.422,70	R\$ 48.410,85
11	2026	5783,3	1,5	1,19	R\$ 6.867,15	R\$ 55.277,99
12	2027	5725,5	1,5	1,28	R\$ 7.342,36	R\$ 62.620,35
13	2028	5668,2	1,5	1,38	R\$ 7.850,45	R\$ 70.470,80
14	2029	5611,5	1,5	1,50	R\$ 8.393,70	R\$ 78.864,49
15	2030	5555,4	1,5	1,62	R\$ 8.974,54	R\$ 87.839,03
16	2031	5499,9	1,5	1,74	R\$ 9.595,58	R\$ 97.434,61
17	2032	5444,9	1,5	1,88	R\$ 10.259,59	R\$ 107.694,21
18	2033	5390,4	1,5	2,04	R\$ 10.969,56	R\$ 118.663,76
19	2034	5336,5	1,5	2,20	R\$ 11.728,65	R\$ 130.392,41
20	2035	5283,2	1,5	2,37	R\$ 12.540,27	R\$ 142.932,69

Fonte: Autor

Utilizando os dados da Tabela 21 temos como resultado um payback simples de 11 anos e 10 meses, um VPL de R\$ R\$ 3.349,67 e um TIR de 8% considerando uma TMA de 12% ao ano. Portanto, o sistema eólico e fotovoltaico operando de forma complementar, ou seja, a energia total produzida é igual à soma das energias produzidas individualmente por cada fonte é inviável sob o ponto de vista estritamente econômico.

Já a **Tabela 22** apresenta como segundo cenário o comparativo entre geração anual de energia do sistema eólico e fotovoltaico e a sua respectiva geração monetária levando em conta a isenção do pagamento da alíquota de 18% de ICMS sobre a energia gerada do sistema fotovoltaico que é o sistema conectado à rede.

Tabela 22 – Geração de energia e monetária anual do sistema eólico e fotovoltaico

Ano		Energia Ideal Anual (kWh/ano)	Demanda (kW)	Custo do kWh (R\$)	Geração Monetária (R\$/Ano)	Acumulado (R\$)
1	2016	6394,8	1,5	0,55	R\$ 4.036,32	R\$ 4.036,32
2	2017	6330,8	1,5	0,59	R\$ 4.315,64	R\$ 8.351,96
3	2018	6267,5	1,5	0,64	R\$ 4.614,28	R\$ 12.966,24
4	2019	6204,8	1,5	0,69	R\$ 4.933,59	R\$ 17.899,83
5	2020	6142,8	1,5	0,75	R\$ 5.274,99	R\$ 23.174,82
6	2021	6081,4	1,5	0,81	R\$ 5.640,02	R\$ 28.814,84
7	2022	6020,5	1,5	0,87	R\$ 6.030,31	R\$ 34.845,15
8	2023	5960,3	1,5	0,94	R\$ 6.447,61	R\$ 41.292,76
9	2024	5900,7	1,5	1,02	R\$ 6.893,78	R\$ 48.186,54
10	2025	5841,7	1,5	1,10	R\$ 7.370,83	R\$ 55.557,37
11	2026	5783,3	1,5	1,19	R\$ 7.880,89	R\$ 63.438,27
12	2027	5725,5	1,5	1,28	R\$ 8.426,25	R\$ 71.864,52
13	2028	5668,2	1,5	1,38	R\$ 9.009,35	R\$ 80.873,87
14	2029	5611,5	1,5	1,50	R\$ 9.632,79	R\$ 90.506,66
15	2030	5555,4	1,5	1,62	R\$ 10.299,38	R\$ 100.806,04
16	2031	5499,9	1,5	1,74	R\$ 11.012,10	R\$ 111.818,15
17	2032	5444,9	1,5	1,88	R\$ 11.774,14	R\$ 123.592,29
18	2033	5390,4	1,5	2,04	R\$ 12.588,91	R\$ 136.181,20
19	2034	5336,5	1,5	2,20	R\$ 13.460,06	R\$ 149.641,26
20	2035	5283,2	1,5	2,37	R\$ 14.391,50	R\$ 164.032,76

Fonte: Autor

Pela Tabela 22 temos como resultado um Payback Simples de 10 anos e 9 meses, um VPL de R\$ R\$ 12.985,82 e um TIR de 9% considerando uma TMA de 12% ao ano. Portanto, o sistema eólico-fotovoltaico ainda é inviável economicamente, mesmo com a isenção do pagamento do ICMS sobre o quantitativo total da energia gerada pelo sistema fotovoltaico.

Por fim a **Tabela 23** apresenta um resumo de todos os cenários em que foi realizada a análise de viabilidade econômica utilizando os métodos matemáticos-financeiros de payback simples, VPL e TIR.

Tabela 23 – Resumo comparativo da análise de viabilidade econômica

Cenários	Payback	VPL	TIR	Custo dos Equipamentos
SFV de 4,3 kWp com ICMS (estimada)	7,6 anos	R\$ 25.608,18	15%	R\$ 27.926,00
SFV de 4,3 kWp isento de ICMS (estimada)	6,6 anos	R\$ 35.244,34	17%	R\$ 27.926,00
SFV de 4,3 kWp isento de ICMS (real)	9,5 anos	R\$ 11.975,44	11%	R\$ 27.926,00
SFV de 10 kWp isento de ICMS (estimada)	6,3 anos	R\$ 87.668,38	18%	R\$ 60.000,00
Eólico isolado de 2kWp com ICMS (estimada)	20 anos	-R\$ 22.258,51	-2%	R\$ 34.000,00
Eólico de 2kWp + SFV de 4,3kWp com ICMS (estimada)	11,8 anos	R\$ 3.349,67	8%	R\$ 61.926,00
Eólico de 2kWp c/ ICMS + SFV de 4,3kWp isento de ICMS (estimada)	10,7 anos	R\$ 12.985,82	9%	R\$ 61.926,00

Fonte: Autor

Através da Tabela 23 verifica-se que o sistema fotovoltaico conectado à rede é viável financeiramente e o retorno do investimento ocorre mais rapidamente quando o sistema é dimensionado para atender a carga total da unidade consumidora que, neste caso, é o sistema de 10 kWp. Outro ponto importante da análise é que a isenção do ICMS sobre o total de energia produzida torna o investimento ainda mais atraente, pois diminui o tempo do retorno do investimento e possui taxa interna de retorno superior à maior parte dos investimentos financeiros tradicionais como a caderneta de poupança e os CDB's. O sistema eólico não é viável economicamente, pois os custos dos equipamentos ainda são altos, o que torna o investimento financeiro menos atrativo, além da despesa adicional relevante para executar a substituição das baterias que em média é realizado a cada 3 anos. Por fim, o sistema eólico em conjunto com o fotovoltaico também não é viável economicamente, mesmo com a isenção de ICMS sobre o montante da energia gerado pelo sistema fotovoltaico conectado à rede pública.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com a demanda crescente por energia, a diversificação da matriz energética atual e a busca por fontes renováveis complementares tornam-se cada vez mais importantes. Logo, as políticas de incentivo ao uso de energia oriundas de fontes renováveis, entre as quais a energia solar e eólica, são primordiais para alcançar a sustentabilidade e reduzir a emissão de CO₂ que é um dos gases causadores do efeito estufa.

No Brasil, as fontes de energia eólica e fotovoltaica representam 6,35% e 0,02% do total considerando os empreendimentos em operação no mês de julho deste ano, segundo a ANEEL, o que evidencia a pequena representatividade dessas duas fontes renováveis na matriz elétrica do país, mas que também salienta uma oportunidade para a expansão da geração distribuída de energia utilizando estas fontes limpas, principalmente após a criação das resoluções normativas 482/2012 e sua revisão 687/2015, que viabilizou a conexão à rede de distribuição de sistemas de geração de pequeno porte, principalmente a microgeração que é uma central geradora de potência até 75 kW.

Nesse sentido ações de eficiência energética e de GD de energia elétrica através de fontes renováveis são ferramentas que podem ser utilizadas para reduzir o desperdício de energia e diminuir os custos com este insumo. No setor de comunicações móveis que apresenta crescimento mundial, principalmente pelo uso dos celulares, TV e internet, os custos com a energia elétrica vêm aumentando junto com os serviços prestados e, com o intuito de garantir a rentabilidade do negócio, é necessário o desenvolvimento de instrumentos que possibilitem a eficiência e redução dos custos operacionais, incluindo o estudo e implantação de projetos de GD.

Frente ao exposto, este trabalho estudou e descreveu a implantação real de um sistema de geração eólico e fotovoltaico utilizando-se de dois modos de operação distintos: o isolado representado pelo sistema eólico e o conectado à rede desempenhado pelo sistema fotovoltaico. O projeto foi desenvolvido na cidade de Campinas, SP, e constou das etapas de determinação das premissas de projeto, do planejamento, das pesquisas de campo, da execução da implantação, do

monitoramento e avaliação do desempenho do sistema implantado, da análise dos resultados sob a ótica técnica e econômica considerando os sistemas operando separadamente e em conjunto e da identificação dos pontos fortes e fracos de cada fonte geradora.

A geração fotovoltaica mostrou-se viável tecnicamente e economicamente atrativa considerando o cenário nacional dos preços da energia elétrica, os incentivos governamentais existentes, os preços dos principais equipamentos como módulos e inversores em declínio no mercado mundial e também o retorno financeiro de longo prazo pela vida útil dos equipamentos como os módulos fotovoltaicos estimados em mais de 20 anos com eficiência mínima de 80% garantida pelos fabricantes. Através dos métodos de análise econômica payback simples, VPL e TIR foi verificada a viabilidade no estado de SP, onde o tempo de retorno do investimento é de 6 anos e 8 meses, TIR de 17% e VPL expressivo de R\$ 35.244,34 para um sistema de 4,3 kWp isento de ICMS sobre o total da energia produzida. Já utilizando os dados reais medidos de geração que apresentaram um desempenho menor que o estimado, o tempo de retorno do investimento é de 9 anos e sete meses, TIR de 11% e VPL positivo de R\$ 11.975,44. No caso de um sistema fotovoltaico de geração ideal projetado para atendimento integral à carga da unidade consumidora que neste caso possui potência pico de 10 kW, o tempo de retorno de investimento é de 6 anos e 4 meses, TIR de 18% e VPL relevante de R\$ 87.668,38.

A geração através de microturbinas no sudeste ainda não é competitiva, pois os custos dos equipamentos ainda são altos, o que torna o investimento financeiro menos atrativo, além da falta de políticas de financiamento e pouco conhecimento sobre a energia eólica como opção de geração em pequena escala. Além disso, a aplicação desse tipo de geração em áreas urbanas é restrita, visto que as turbinas emitem ruídos durante sua operação que podem incomodar a vizinhança habitada próxima. Outro ponto importante que pode ter influenciado nos resultados da geração eólica é a altura onde foram instaladas as turbinas, já que elas foram instaladas na própria torre das antenas de celular a uma altura relativamente baixa, sendo que o aerogerador instalado mais alto está a 10 metros do solo. Através dos métodos de análise econômica de payback simples, VPL e TIR foi verificada a não

viabilidade do projeto no estado de SP, onde o tempo de retorno é de pelo menos 20 anos. Entretanto, para uma avaliação mais completa e não apenas econômica é possível considerar o custo do seu baixo impacto ambiental negativo, o que tornará o investimento futuro mais atraente para os investidores, principalmente para os empreendimentos de grande porte.

No caso da avaliação do sistema de geração eólico isolado e fotovoltaico conectado à rede operando de forma aditiva, apesar de existir a possibilidade de complementariedade da geração de energia entre as duas fontes, o sistema eólico, pela característica de variabilidade substancial dos ventos, contribui pouco para o total da energia gerada pelo sistema total, o que faz com que, em conjunto com os preços relativamente caros e com custos com operação e manutenção, o sistema torne-se inviável economicamente sob a ótica exclusivamente financeira. Entretanto, ao considerar os ganhos como a diminuição dos impactos ambientais, a contribuição para a redução do efeito estufa, entre outros, um sistema eólico e fotovoltaico pode tornar-se tanto técnica quanto financeiramente atrativo.

Considerando especificamente o escopo da aplicação de GD no setor de telecomunicações e as ERBs similares ao desse projeto com as mesmas dimensões físicas, estações tipo *Greenfield* e realizando cobertura móvel celular em rodovias e estradas e zonas rurais, existe um número total de 463 ERBs somente no estado paulista. Desse total, 46% possuem consumo médio mensal de 750 kWh, 21% de 1250 kWh e 18% de 400 kWh. Os outros 15% restantes apresentam consumo médio mensal variando entre 1700 e 4250 kWh. Portanto, somente para as referidas ERBs da operadora detentora no estado de São Paulo o potencial de economia mensal de energia é de 470,75 MWh se considerada a implantação de um sistema de geração distribuída por fontes renováveis cujo projeto atenda integralmente à demanda das unidades consumidoras.

Segundo a empresa de consultoria Teleco, existiam no Brasil no mês de julho de 2016 o total de 79.450 ERBs considerando todas as operadoras de telefonia existentes. Obviamente, por restrições diversas, sejam elas técnicas ou econômicas, é inviável implantar um sistema de geração própria em cada localidade. Contudo, a resolução normativa 687/2015 autoriza a geração própria pela modalidade de

autoconsumo remoto, ou seja, permite que a energia seja gerada em locais afastados do local de consumo e os créditos gerados sejam abatidos da fatura de energia elétrica de outras unidades consumidoras, desde que a mesma esteja cadastrada sob o mesmo número de CPF ou CNPJ e também esteja dentro da área da mesma distribuidora. Desse modo, o potencial de geração própria de energia no setor é relevante e pode ser uma alternativa viável para a redução dos custos operacionais com a energia elétrica.

Neste contexto e com a rápida expansão da capacidade instalada nos últimos anos atrelada à forte redução de custo, grande potencial técnico de aproveitamento e o apelo ambiental pelo fato de não emitirem poluentes durante sua operação, a geração de energia pelas fontes eólica e fotovoltaica despontaram com duas das mais promissoras e ganharam notoriedade como alternativas de suprimento elétrico.

A evolução da legislação vigente no que diz respeito à venda da energia gerada de empreendimentos eólicos, principalmente no horário de ponta do sistema elétrico brasileiro, pode tornar os investimentos do setor de micro e minigeração distribuída mais atrativos para os investidores sob a ótica financeira, visto que o tempo de retorno do investimento pode ser decrescido.

Por fim, sugere-se a realização de estudos futuros de viabilidade referente à geração através de outras fontes como a solar fotovoltaica com armazenamento em acumuladores de energia e eólica com conexão com a rede elétrica, células de combustíveis, entre outras. Outra proposição importante para trabalhos futuros é a busca pela eficiência energética em ERBs para redução de consumo de energia elétrica e consequentemente de custos com este insumo, mas não se restringindo apenas às ERBs e sim ampliando o horizonte para o âmbito das estações de telecomunicações de médio e grande porte como as estações de comutação e controle para aplicação de medidas de eficiências energética nos sistemas de energia e climatização que possuem grande potencial de conservação de energia.

REFERÊNCIAS

ABDI. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil. **Relatório**. Brasília: ABDI, 2014.

ABEEÓLICA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim de Dados** - Julho 2015. São Paulo: ABEEólica, julho de 2015. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/dados.html>>.

ABEEÓLICA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Perspectiva: 2015, um ano de desafios para as renováveis**. Disponível em: <http://portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/2858-perspectiva-2015,-um-ano-de-desafios-para-as-renov%C3%A1veis.html>. Acesso em 23/9/15.

ABINEE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira. São Paulo: ABINEE, Junho de 2012.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3. Ed. Brasília: Aneel, 2008. 236 p. ISBN: 978-85-87491-10-7.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Micro e minigeração distribuída: Sistema de compensação de energia elétrica. **Cadernos Temáticos**. Brasília: ANEEL, 2014. 28 p.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 414/2010**. Condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Brasília: ANEEL, 2010.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 482/2012**. Condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília: ANEEL, 2012.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa** Nº 687/2015. Alteração da resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos procedimentos de distribuição, PRODIST. Brasília: ANEEL, 2015.

ATLAS eólico do estado de São Paulo. Secretaria de Energia. Governo do Estado de São Paulo, 2012.

AWEA. AMERICAN WIND ENERGY ASSOCIATION. Small wind turbine global market study, Washington DC: AWEA, 2009.

BERNAL FILHO, H. Redes SDH. 2003. Disponível em <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrsdh/default.asp>. Acesso em: Setembro de 2014.

COGEN. ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA. Inserção da energia solar no Brasil. São Paulo: COGEN, Julho de 2012.

CPFL. Norma técnica GED 15303. Conexão de micro e minigeração distribuída sob o sistema de compensação de energia elétrica. CPFL ENERGIA. Revisão Março/2016. Disponível em: <http://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/orientacoes-tecnicas/publicacoes-tecnicas/Paginas/normas-tecnicas.aspx>. Acesso em: Março de 2016.

CRESESB. CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. Atlas do potencial eólico brasileiro, Rio de Janeiro: CRESESB, 2001.

CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. Disponível em: www.cresesb.cepel.br. Acesso em: Março de 2015.

CRESESB. CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos, Rio de Janeiro: CRESESB, Março de 2014.

CRUZ SEGUNDO, E. I. Estudo de energia eólica para a Ilha de Marajó, PA. Dissertação (Mestrado). INPE, 2009. 97p. São José dos Campos: INPE, 2009. (INPE-15733-TDI/1479).

ENERGIA SP. Energia solar paulista renováveis: levantamento de potencial. Secretaria de Energia. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 2013.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota técnica:** análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira. EPE. Rio de Janeiro, [s.n.].

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica:** análise da inserção solar na matriz elétrica brasileira. Rio de Janeiro, Maio de 2012.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional** 2015: ano base 2014. Rio de Janeiro, 2015.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional** 2016: ano base 2015. Rio de Janeiro, 2016.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica** DEA 19/14 inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil: condicionantes e impactos. Rio de Janeiro, 2014.

FADIGAS, E. A. F. A.. Energia eólica. Barueri, SP: Manole, 2011.

GWEC. GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL: global wind statistics 2015. **Report.** Bruxelas, 2016.

MACEDO, M. R. Geração distribuída de pequeno porte como aliada do negócio de distribuição de energia elétrica no Brasil. Dissertação (Mestrado). Curitiba, 2013.

MACKAY, M. E. **Solar energy:** an introduction. Oxford. University of Delaware, 2015. ISBN 978-0-19-965210-5 / ISBN 978-0-19-965211-2.

MIT. **The future of solar energy:** an interdisciplinary MIT study. Massachusetts: MIT, 2015.

NIPE. NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. Inserção técnico-comercial de geração solar fotovoltaica na rede da CPFL. Diversificando a matriz energética brasileira. Unicamp. Campinas, 2015.

PEREIRA, E.B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

PEREIRA, E. B.; LIMA, J. H. G. Solar and wind energy resource assessment in Brazil. Sao Jose dos Campos: MCT/INPE, 2008.100p.

RAMOS, D. S. Pesquisa e instalação piloto de cogeração heliotérmica para modelo estratégico de referência tecnológica, regulatória, econômica e comercial. **Relatório Técnico**. São Paulo, 2016.

REN21. Renewables 2016 Global Status **Report**, Disponível em: <http://www.ren21.net/> Acesso em: março de 2016.

RUNCOS, F, et al. Geração de energia eólica: tecnologias atuais e futuras. Santa Catarina. WEG. [s.d]

SILVA, R. M. **Energia solar no Brasil**: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em: fevereiro de 2015.

TOLMASQUIM, M. T.(coord) **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016. 452p. ISBN 978-85-60025-06-0.

TOLMASQUIM, M. T. Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003.

WALKER, A. **Solar energy**: technologies and the project delivery process for buildings. John Wiley & Sons. New Jersey: 2013 - ISBN 978-1-118-13924-0.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Velocidade horária média do vento: aerogerador 1 instalado a 7 metros de altura

Data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
18/11/2015	4,897	3,249	3,495	3,588	3,815	2,754	4,244	4,015	2,865	1,954	1,898	1,640	2,879	3,233	2,743	2,358	3,268	4,115	4,120	3,054	2,943	3,636	4,371	2,523
19/11/2015	2,824	1,701	2,948	3,134	3,335	2,412	0,741	2,001	3,257	3,852	3,820	3,458	3,001	2,964	1,902	1,857	1,275	1,760	1,591	1,825	2,413	2,395	3,094	3,543
20/11/2015	3,537	2,240	1,178	1,245	1,724	2,597	1,693	1,482	2,117	2,849	2,223	2,188	2,733	3,184	4,164	4,467	3,952	4,101	3,615	3,280	3,874	3,602	3,209	2,483
21/11/2015	2,508	1,494	2,365	2,618	1,950	1,671	1,824	2,649	4,432	3,424	3,408	2,905	3,315	2,892	3,078	2,765	1,974	4,058	2,921	2,065	3,189	3,101	3,094	2,384
22/11/2015	1,230	0,958	1,067	0,997	1,555	1,552	1,876	1,516	1,724	2,328	3,294	2,663	7,304	7,381	8,028	6,801	2,902	1,647	1,507	1,530	0,795	1,172	1,104	0,821
23/11/2015	1,459	1,681	1,462	0,837	0,969	0,809	0,802	1,179	1,292	1,746	2,731	2,180	2,673	4,158	3,316	2,507	2,606	2,516	3,740	5,370	5,336	4,092	4,730	4,417
24/11/2015	3,998	3,870	2,753	1,890	3,058	2,630	2,763	3,637	2,981	2,550	2,683	2,552	2,570	2,504	2,381	3,519	1,464	1,306	4,334	6,308	4,595	1,413	1,334	1,294
25/11/2015	2,239	0,892	0,944	1,761	1,989	2,033	2,943	3,140	1,727	1,966	3,926	3,881	3,309	4,004	5,510	2,861	3,882	3,331	2,715	1,543	1,272	1,469	3,272	2,567
26/11/2015	1,681	0,842	1,224	2,843	3,658	3,457	2,374	3,133	3,810	4,193	5,195	5,596	5,090	3,169	4,373	2,728	2,381	2,605	1,790	1,500	2,142	1,978	1,655	1,253
27/11/2015	0,692	2,139	1,325	1,443	1,415	0,803	0,654	0,899	0,816	1,708	2,507	1,842	2,012	3,273	4,501	3,963	4,743	4,016	5,178	6,082	6,892	5,197	3,971	3,766
28/11/2015	4,537	1,812	3,179	3,041	4,307	4,303	3,944	4,280	4,699	4,280	3,328	2,594	2,880	3,336	3,934	5,033	6,342	6,820	7,224	7,647	7,240	6,600	5,022	6,027
29/11/2015	5,142	4,543	4,758	3,819	2,925	3,099	3,594	3,252	4,056	3,364	3,279	3,236	3,671	4,618	4,299	4,226	5,365	4,709	4,716	4,014	4,231	3,421	3,246	4,071
30/11/2015	3,055	2,994	3,013	2,672	3,342	3,556	3,794	3,613	2,267	2,732	2,529	3,423	3,753	4,818	4,490	4,510	2,935	2,404	2,368	1,885	0,997	0,579	0,997	0,955
01/12/2015	1,964	2,465	2,240	2,057	2,060	2,256	2,151	2,335	4,165	4,383	4,606	3,731	3,851	3,507	2,759	1,891	3,323	2,787	2,001	1,457	1,615	1,911	2,384	2,202
02/12/2015	2,103	1,795	1,585	2,115	1,942	2,206	2,446	3,916	4,175	4,684	5,315	4,969	5,218	6,106	6,427	6,102	5,519	4,416	2,380	2,639	2,399	1,519	1,395	1,254
03/12/2015	0,949	1,041	0,816	0,559	0,613	0,605	1,517	3,004	3,685	4,992	4,595	5,099	5,098	5,197	4,365	4,981	4,863	4,312	2,414	1,508	1,229	1,595	1,101	0,901
04/12/2015	1,350	1,428	1,795	1,797	1,986	1,214	1,068	1,237	1,924	2,175	2,766	5,455	6,049	6,338	5,548	5,583	5,587	7,204	7,197	7,515	6,479	5,514	4,991	3,333
05/12/2015	2,622	4,393	4,304	2,845	3,887	5,116	5,710	6,245	5,746	6,690	6,240	6,291	6,159	6,565	6,718	8,158	8,652	8,203	7,997	6,832	5,633	4,191	5,500	4,970
06/12/2015	3,927	3,353	3,121	4,149	4,947	3,470	4,375	4,100	4,011	3,686	3,096	2,054	2,210	2,340	3,710	3,708	3,418	3,008	3,278	5,899	4,405	5,360	3,623	3,140
07/12/2015	3,367	3,161	3,348	3,067	3,204	2,784	1,957	2,780	3,628	4,400	3,236	3,072	2,457	2,650	2,780	2,623	2,513	2,801	2,869	2,449	2,722	1,975	1,948	1,904
08/12/2015	1,657	1,810	2,017	1,130	1,338	1,411	0,994	1,749	3,345	3,048	3,368	3,215	3,360	3,333	3,067	2,898	3,126	5,276	3,683	2,149	1,555	1,386	0,829	1,313
09/12/2015	1,830	2,101	1,144	1,276	0,855	0,660	1,213	2,186	1,818	2,842	3,053	3,294	3,591	4,369	4,721	2,733	1,267	0,913	0,937	0,571	3,613	2,294	1,747	1,532
10/12/2015	1,237	1,290	1,127	0,663	0,447	0,873	1,232	2,240	3,403	3,689	4,379	4,424	5,004	5,292	1,957	3,258	2,473	2,009	2,269	1,197	1,175	1,107	1,323	0,714
11/12/2015	1,861	2,257	2,104	1,443	0,973	0,749	1,354	1,522	2,850	3,248	2,647	2,787	2,823	3,342	4,544	3,412	5,824	5,286	3,774	1,749	1,287	0,752	1,628	1,483
12/12/2015	0,508	0,710	1,312	0,862	0,921	0,754	0,916	1,788	3,244	4,397	3,781	4,546	4,181	4,069	6,043	5,672	2,763	2,965	1,289	1,014	1,222	1,133	1,101	1,107
13/12/2015	1,963	3,066	2,930	2,723	2,498	2,698	3,102	4,040	4,794	5,050	5,317	5,516	5,437	6,137	2,950	2,890	2,293	1,931	1,761	1,572	1,600	1,067	1,005	1,675
14/12/2015	0,961	0,866	1,423	1,164	0,913	1,004	1,246	1,368	1,194	1,478	3,035	2,875	2,543	2,662	3,377	7,260	7,508	7,881	7,290	7,454	7,459	5,627	5,422	5,013
15/12/2015	4,982	4,330	3,101	1,633	3,650	2,112	2,782	4,860	5,108	5,038	4,983	4,782	5,310	4,160	4,648	5,061	5,399	5,106	5,573	6,387	7,118	6,936	6,908	5,898
16/12/2015	5,571	4,640	3,250	3,158	3,135	3,370	3,614	3,307	2,799	2,176	2,359	2,121	2,502	2,587	3,037	2,934	2,666	3,401	3,866	5,980	6,143	6,131	5,586	2,911
17/12/2015	3,455	3,080	1,937	3,033	3,227	3,497	2,475	1,660	2,387	3,068	3,190	3,929	4,571	4,274	3,531	3,608	3,680	3,376	3,520	2,637	2,956	3,171	3,890	3,318
18/12/2015	3,873	2,326	1,795	2,268	1,649	2,579	2,137	1,857	1,445	1,769	2,051	3,027	3,847	3,878	3,577	3,528	3,420	3,108	4,193	1,989	1,505	1,964	1,565	1,838
19/12/2015	1,703	1,676	1,238	2,385	1,516	2,481	3,222	2,744	3,722	4,209	3,745	3,151	4,083	3,701	4,412	4,993	5,601	4,514	4,718	3,644	3,615	2,669	2,353	3,834
20/12/2015	3,067	2,334	1,977	1,288	1,613	1,796	1,072	2,254	3,709	2,331	3,266	4,452	4,903	4,719	3,523	3,535	3,565	2,972	2,334	1,921	3,038	2,201	1,889	1,843
21/12/2015	1,466	0,841	0,811	0,827	1,418	1,227	0,742	2,426	3,745	5,381	6,000	5,540	4,836	6,481	4,911	5,080	4,561	5,204	2,621	2,760	2,694	2,816	2,530	2,727
22/12/2015	3,246	2,831	2,949	3,049	2,651	2,844	3,220	4,102	4,707	5,605	5,550	5,048	4,552	4,751	4,133	3,663	4,085	3,801	2,615	2,627	1,859	1,686	1,386	1,584
23/12/2015	1,561	1,078	1,338	0,998	1,985	1,810	0,991	1,076	2,694	2,666	2,515	1,467	1,939	2,787	5,617	5,109	4,631	5,779	5,716	5,833	4,642	4,718	3,044	1,790
24/12/2015	3,806	2,983	3,343	2,963	3,361	3,458	3,072	4,399	4,031	4,479	4,467	3,820	3,311	4,736	4,223	4,508	4,478	4,889	5,228	5,551	5,079	4,783	4,396	4,215
25/12/2015	3,976	3,576	3,250	2,872	3,131	3,959	4,045	2,931	2,252	2,747	3,111	2,935	2,583	3,142	4,206	3,411	3,975	4,166	3,366	2,273	2,238	1,838	2,436	1,075
26/12/2015	1,645	1,782	3,382	1,860	2,148	3,328	3,817	3,122	2,064	2,205	2,228	2,406	2,070	2,446	2,324	1,697	1,397	1,089	1,703	1,593	2,823	2,621	2,785	2,503
27/12/2015	2,004	1,342	1,112	1,347	0,859	0,888	0,860	1,160	2,962	2,946	3,153	2,834	2,595	2,502	2,355	2,341	2,056	1,797	1,196	1,207	1,761	1,835	1,732	1,196
28/12/2015	2,548	1,986	1,323	1,599	2,120	1,993	1,685	0,985	1,642	2,202	3,993	4,627	3,961	3,541	3,171	3,732	3,231	2,880	3,753	2,769	5,913	5,288	3,058	2,548
29/12/2015	2,681	2,348	1,197	0,874	1,215	0,947	0,669	1,126	1,851	2,372	2,511	3,826	3,637	6,894	4,876	3,437	4,429	5,417	3,904	3,561	1,793	2,826	3,246	1,957
30/12/2015	1,406	1,170	1,751	2,349	2,185	0,904	0,622	0,782	1,260	1,901	2,010	2,572	3,080	2,995	2,381	6,283	4,857	2,311	2,999	1,711	1,727	1,679	1,613	2,318
31/12/2015	1,484	0,964	1,169	1,145	1,134	1,752	2,389	2,840	2,951	2,263	2,773	3,051	3,587	3,865	6,975	3,917	2,139	2,403	1,207	1,343	1,118	0,982	1,678	1,423
01/01/2016	1,307	1,213	1,470	1,055	1,058	0,479	1,113	1,331	1,874	3,431	4,740	5,230	5,140	4,308	2,652	2,781	1,956	2,067	1,694	2,061	1,801	1,489	1,619	1,273
02/01/2016	1,479	0,815	0,674	1,284	0,595	0,883	0,616	0,951	1,443	2,539	2,955	4,727	4,808	4,767	3,876	4,050	2,031	1,507	5,118	5,633	3,070	3,325	2,270	1,873
03/01/2016	1,165	0,720	1,231	1,538	1,310	1,586	1,735	2,415	2,393	1,584														

Data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/02/2016	3,061	4,180	3,282	1,476	1,859	2,269	1,545	2,412	1,805	1,474	1,400	1,583	2,868	2,925	2,481	2,845	3,235	4,791	4,972	4,475	4,758	4,102	4,049	3,943
02/02/2016	2,360	1,293	1,434	1,055	1,323	2,108	1,472	1,487	0,989	1,765	1,561	1,628	2,790	2,968	4,995	5,138	4,382	4,538	3,101	3,360	3,107	1,805	1,758	1,643
03/02/2016	2,048	1,901	1,796	1,204	0,776	1,449	1,252	1,677	1,182	1,536	2,344	2,279	2,310	2,113	2,545	2,184	1,990	1,476	1,395	2,849	2,120	2,071	2,070	2,840
04/02/2016	3,825	3,440	1,395	1,050	1,163	1,515	5,045	3,037	3,069	1,880	2,239	2,799	3,659	2,471	2,489	2,796	3,142	2,315	4,741	1,800	2,144	2,736	1,836	1,880
05/02/2016	1,787	1,874	1,617	2,319	2,722	2,094	2,829	4,224	4,314	4,791	4,132	4,692	4,978	5,876	3,595	2,798	1,967	1,172	1,444	1,046	0,918	0,850	1,828	0,626
06/02/2016	1,009	1,422	1,589	2,095	1,548	1,962	2,522	1,299	0,790	2,027	2,047	2,669	3,393	4,296	4,635	3,406	2,207	1,952	5,808	3,469	2,652	2,173	2,109	1,789
07/02/2016	0,485	1,200	1,789	1,286	1,232	1,006	0,502	0,723	1,725	1,754	2,583	3,685	3,466	3,194	3,042	3,203	2,908	2,488	1,009	0,524	3,146	3,376	3,031	3,592
08/02/2016	2,309	3,274	2,069	2,337	0,748	0,970	1,966	2,129	2,010	2,561	3,567	3,148	2,865	2,643	1,799	1,801	3,208	2,888	5,254	5,922	4,646	3,777	2,273	1,448
09/02/2016	1,144	1,175	1,203	0,995	1,240	0,824	0,938	0,869	1,319	2,176	3,514	3,030	2,678	2,946	3,490	3,390	2,746	2,994	1,442	0,962	1,791	2,512	2,659	2,097
10/02/2016	2,930	2,311	2,416	2,501	1,418	2,167	1,127	0,665	1,114	2,509	3,428	2,915	4,075	2,784	1,961	1,823	2,901	2,680	2,531	2,090	1,324	2,118	0,886	1,039
11/02/2016	1,178	1,908	1,564	1,193	2,544	2,102	1,149	2,087	2,502	2,484	3,440	3,548	3,144	3,402	4,979	3,825	2,516	2,466	1,421	2,028	1,082	1,624	1,866	1,625
12/02/2016	1,152	1,030	1,027	1,312	1,218	1,398	1,914	2,256	1,729	2,278	3,442	4,095	4,110	3,740	3,594	3,860	3,592	4,561	2,959	1,438	1,112	1,994	2,472	2,270
13/02/2016	1,694	1,084	1,469	0,945	1,339	1,329	1,407	1,388	1,387	1,952	2,295	3,602	8,968	6,515	3,227	1,362	1,212	1,780	2,023	1,929	1,770	2,439	2,399	1,615
14/02/2016	0,703	1,111	1,370	2,172	2,328	1,893	1,673	0,780	1,500	1,961	2,646	2,812	3,224	3,618	3,991	6,913	5,729	3,270	2,475	2,113	1,640	1,739	2,006	1,072
15/02/2016	1,095	0,891	0,954	1,268	0,891	1,159	1,221	1,105	1,837	1,828	2,020	2,544	2,389	3,176	3,220	4,253	4,198	3,792	5,829	2,333	2,369	2,570	2,027	1,380
16/02/2016	1,005	1,266	1,504	0,673	0,698	0,856	1,773	1,927	1,628	1,869	2,841	2,513	2,709	2,607	1,890	2,312	1,355	1,172	1,178	0,976	0,928	0,885	1,642	3,561
17/02/2016	2,428	2,891	1,596	1,936	0,919	0,370	0,927	1,003	1,783	2,059	2,715	2,332	2,511	1,667	1,815	4,148	2,201	1,646	1,826	2,239	2,296	3,287	1,521	1,241
18/02/2016	0,981	1,157	1,314	3,808	4,284	3,781	1,777	2,540	3,438	4,439	3,795	4,044	4,410	4,797	4,751	5,225	4,374	4,260	3,278	2,619	2,496	2,798	3,004	1,520
19/02/2016	1,085	1,194	1,799	1,537	2,107	1,672	1,308	1,748	2,281	3,114	3,784	4,509	3,677	5,128	2,387	2,301	3,757	3,448	2,376	1,903	1,952	1,021	1,011	0,767
20/02/2016	0,827	1,499	2,939	4,140	3,189	2,428	1,949	1,842	2,114	2,937	3,944	3,883	2,567	3,856	3,366	2,682	1,782	1,179	1,011	1,642	2,120	2,789	2,327	2,343
21/02/2016	2,391	2,608	1,909	2,452	1,686	1,921	2,229	1,403	1,955	2,523	2,758	2,787	1,899	2,034	1,830	2,069	1,994	2,649	1,937	3,157	5,200	6,124	4,890	5,646
22/02/2016	5,390	4,683	2,865	2,277	2,121	1,709	1,867	2,601	2,157	2,374	2,018	2,058	2,169	2,066	1,716	2,127	2,745	2,182	2,071	3,893	4,244	4,764	5,919	4,164
23/02/2016	3,184	3,708	2,428	2,953	2,910	2,815	1,781	1,937	2,108	3,238	3,807	2,679	2,173	2,245	2,582	1,902	1,652	1,121	1,816	1,814	2,722	4,447	4,632	2,332
24/02/2016	1,559	0,949	0,715	1,678	1,334	1,099	1,181	1,751	3,472	3,377	3,663	3,983	3,470	2,785	2,316	2,309	3,001	1,885	1,411	4,095	4,874	5,343	5,047	3,793
25/02/2016	2,856	1,430	2,483	1,236	1,507	0,846	0,992	0,859	1,686	3,402	3,643	4,109	3,958	4,235	3,913	3,036	3,675	1,287	2,600	1,977	2,135	1,802	3,024	1,386
26/02/2016	1,466	1,457	1,045	1,222	1,500	1,160	1,078	1,810	2,086	1,680	2,326	2,443	2,460	3,172	2,826	2,199	1,651	1,909	1,199	1,014	1,091	3,069	2,127	1,929
27/02/2016	1,853	1,874	1,299	1,937	1,417	1,282	0,979	1,195	2,206	2,206	2,774	2,990	2,846	2,585	4,994	6,351	4,347	3,555	2,335	2,514	2,354	3,934	2,973	1,175
28/02/2016	2,120	1,838	1,441	1,299	1,101	1,855	2,407	0,833	1,513	4,562	4,424	4,305	3,634	3,021	3,565	5,605	3,527	5,040	7,306	7,176	4,662	4,288	6,499	5,368
01/03/2016	5,383	3,751	1,757	1,716	3,295	2,578	1,725	2,077	2,739	3,889	6,055	6,921	5,733	4,476	4,157	3,227	1,994	2,317	2,526	1,233	0,828	3,021	2,463	2,148
02/03/2016	2,013	1,572	2,136	1,068	0,887	2,268	1,635	1,297	1,763	2,118	2,112	2,353	2,564	3,047	3,427	2,905	4,165	5,888	5,289	6,077	3,666	3,146	3,401	3,945
03/03/2016	2,765	3,204	3,738	2,562	1,188	2,677	2,304	2,481	3,515	3,007	2,245	1,907	2,325	2,223	2,650	4,000	2,599	1,439	2,932	6,021	6,262	6,290	5,699	4,794
04/03/2016	3,369	3,051	3,301	2,655	2,559	2,767	2,456	1,894	2,488	3,808	3,628	3,495	3,158	2,303	2,518	1,950	1,464	1,356	3,497	2,966	3,506	3,306	2,102	3,132
05/03/2016	2,110	1,715	2,013	1,672	0,651	1,485	1,136	1,735	1,193	1,368	2,070	2,965	1,837	1,554	1,964	2,671	1,871	1,000	0,805	0,747	1,004	1,232	1,143	1,112
06/03/2016	1,065	0,724	0,662	1,358	1,220	0,608	1,155	1,116	0,861	1,243	2,098	2,916	2,787	3,017	3,153	3,926	4,262	3,583	2,268	2,699	3,051	2,682	3,552	3,774
07/03/2016	1,917	1,624	1,643	1,266	1,050	1,514	0,715	1,559	2,140	2,144	2,259	2,364	2,598	2,483	2,969	1,498	3,100	2,499	1,268	5,587	5,157	4,988	5,119	3,041
08/03/2016	3,086	3,130	1,214	1,113	0,690	0,764	1,750	1,260	1,462	2,089	2,225	1,397	1,611	1,684	3,905	3,625	3,085	2,189	1,374	1,223	1,801	1,669	1,909	1,918
09/03/2016	0,748	1,195	1,295	1,536	0,890	0,546	1,462	1,433	2,577	3,704	3,818	4,799	4,594	4,071	3,360	3,967	2,810	2,438	1,610	0,924	1,412	2,083	2,049	2,079
10/03/2016	2,252	1,497	1,134	1,378	2,154	1,302	1,406	1,201	1,854	3,450	3,616	4,592	3,980	3,978	4,218	3,925	2,738	2,573	3,269	5,489	3,441	1,275	2,385	1,507
11/03/2016	1,158	2,093	2,485	2,166	1,790	0,868	2,157	2,056	1,795	2,865	3,280	4,253	4,131	5,398	5,217	4,500	5,080	2,706	2,303	1,749	1,642	1,616	4,157	3,209
12/03/2016	3,020	2,614	1,495	1,668	2,061	1,722	2,095	2,028	2,699	2,128	1,808	2,520	3,076	2,000	1,348	1,818	4,641	4,873	3,136	3,202	4,259	4,145	4,870	4,296
13/03/2016	3,721	2,968	3,335	3,031	2,643	2,830	2,660	1,779	2,767	4,529	4,986	4,434	3,792	2,919	4,331	3,678	3,967	4,293	4,675	3,895	3,463	3,190	2,551	3,071
14/03/2016	3,395	2,297	2,481	3,011	2,739	2,591	1,833	2,163	3,988	4,298	4,157	3,559	2,853	2,293	1,839	1,786	3,880	1,142	2,200	3,280	3,761	3,211	2,251	3,133
15/03/2016	2,252	1,195	0,855	1,028	1,814	1,125	0,784	1,133	1,992	3,455	3,441	3,697	2,787	3,119	2,652	2,067	2,492	1,454	0,762	1,437	2,375	2,039	2,141	2,898
16/03/2016	2,334	1,345	2,439	1,709	1,830	2,012	1,409	2,356	3,557	4,318	4,351	3,469	3,607	3,019	1,950	1,914	2,768	2,077	3,626	3,153	2,652	2,059	2,664	2,852
17/03/2016	1,481	1,170	1,316	1,603	0,832	1,289	0,884	1,478	3,381	4,214	4,621	4,234	4,121	3,292	3,219	3,503	2,956	1,757	1,126	2,122	2,884	3,340	3,295	2,801
18/03/2016	3,818	1,602	1,312	1,125	1,127	0,921	1,381	1,913	1,285	1,554	2,590	2,873	2,500	2,583	3,889	2,387	2,395	2,132	4,714	5,626	3,228	1,517	0,889	1,191
19/03/2016	1,505	1,654	1,626	1,810	1,063	1,467	0,976	0,885	1,175	1,494	2,105	3,341	3,350	2,836	2,955	3,019	2,477	2,081	1,589	2,330	2,374			

Data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/04/2016	0,672	1,196	1,463	0,787	1,254	1,112	1,721	1,895	1,117	1,679	1,976	2,137	1,944	2,105	2,667	3,670	4,069	4,994	1,994	1,665	2,384	1,753	0,785	0,847
02/04/2016	1,932	0,608	1,431	2,208	2,404	2,214	1,539	2,670	1,509	1,329	1,584	1,732	2,194	3,321	4,360	5,532	4,332	4,281	2,837	2,421	4,159	3,467	1,475	1,975
03/04/2016	1,002	2,043	2,649	2,247	2,390	1,702	2,674	2,829	2,942	1,843	1,978	2,137	2,517	3,285	4,236	5,314	4,901	5,791	5,665	5,511	5,958	6,228	4,302	2,395
04/04/2016	1,376	1,107	1,287	1,746	1,537	1,264	2,852	2,515	3,071	4,021	4,850	3,728	4,868	4,371	4,537	5,131	4,672	5,946	5,822	6,568	6,198	5,915	5,493	4,531
05/04/2016	3,199	2,835	2,438	2,171	1,840	3,148	3,019	3,240	2,427	1,887	1,674	2,386	2,197	1,714	2,348	2,322	1,922	3,101	2,920	3,310	4,435	5,846	4,231	2,290
06/04/2016	3,156	3,307	3,220	2,069	0,927	1,242	2,208	1,169	1,372	2,279	2,062	2,080	2,976	2,980	2,651	2,250	2,239	1,630	1,939	2,069	3,354	3,222	3,256	2,525
07/04/2016	3,077	2,704	1,889	1,342	1,045	0,785	1,155	1,458	0,932	1,621	2,155	2,632	3,494	3,064	2,383	2,684	2,385	1,035	1,043	2,173	3,281	4,009	2,897	2,635
08/04/2016	1,855	2,315	2,261	1,715	2,038	2,878	1,213	1,423	0,985	1,238	1,602	2,303	2,674	3,144	2,939	3,431	3,023	1,627	0,859	2,152	2,094	2,350	3,044	1,498
09/04/2016	1,707	0,789	1,811	1,593	0,758	1,007	0,936	2,110	1,747	2,053	2,484	2,511	3,345	3,512	3,610	3,137	4,402	3,455	2,532	2,538	1,878	1,672	1,109	0,659
10/04/2016	0,822	1,746	2,309	1,501	1,517	1,498	1,255	1,323	2,848	3,132	2,942	1,339	1,818	3,291	5,054	5,268	5,110	4,551	5,073	4,727	5,537	4,967	4,715	4,465
11/04/2016	4,231	3,569	3,579	4,318	4,314	3,058	3,003	2,876	2,331	2,365	2,933	3,217	2,890	3,531	3,932	4,687	3,290	2,489	1,938	1,450	2,410	1,957	1,137	1,362
12/04/2016	1,626	0,946	0,875	1,182	1,470	1,606	1,484	1,093	2,974	4,954	5,266	4,762	4,877	5,190	4,141	3,260	3,380	3,076	4,326	2,981	5,409	0,000	0,000	0,000
13/04/2016	0,000	0,000	0,000	1,385	0,931	0,734	0,564	1,045	1,041	1,955	1,735	2,232	1,731	2,216	2,609	2,774	3,914	3,569	2,316	2,602	4,114	5,548	5,247	4,892
14/04/2016	4,751	4,934	4,737	4,536	3,635	4,716	4,537	4,656	5,580	5,535	5,828	5,932	6,762	7,361	7,788	8,095	7,286	6,949	7,124	6,822	6,870	6,552	6,165	5,018
15/04/2016	4,671	4,621	5,005	5,703	4,512	4,248	2,856	1,921	2,710	3,392	0,000	2,718	1,864	1,608	1,183	2,027	3,429	3,832	3,604	3,984	4,554	3,492	2,777	2,182
16/04/2016	2,693	2,687	1,380	1,580	1,743	1,763	2,547	1,975	2,992	2,775	2,504	2,229	1,740	3,604	3,414	4,049	3,207	2,871	2,376	2,744	2,368	2,361	2,759	3,200
17/04/2016	3,081	2,255	2,912	2,705	2,916	3,297	2,358	1,701	1,552	2,023	2,252	2,528	3,331	3,411	4,052	4,426	3,860	2,240	3,517	3,763	4,357	3,076	1,595	2,384
18/04/2016	3,361	2,427	2,666	1,944	1,680	2,519	2,669	1,201	1,435	2,262	2,986	2,877	3,032	2,760	2,775	2,726	1,539	2,228	2,566	2,585	2,879	2,223	2,428	2,723
19/04/2016	2,269	1,559	2,847	2,780	1,730	1,695	1,741	1,356	0,741	1,214	1,894	2,173	2,936	2,983	2,676	2,202	1,741	0,893	1,016	2,126	3,167	2,914	2,140	2,877
20/04/2016	5,914	5,191	5,054	2,192	1,629	1,117	1,478	1,715	1,080	0,919	2,536	2,006	1,866	2,560	3,351	4,685	4,262	2,792	2,641	3,884	4,451	3,961	3,396	2,890
21/04/2016	2,148	1,660	1,974	1,823	2,277	2,346	1,339	1,694	2,549	2,563	1,947	1,794	1,804	2,510	2,765	2,910	2,289	2,699	2,681	2,628	4,143	3,701	3,757	2,686
22/04/2016	3,744	2,606	1,101	1,451	1,780	1,807	2,093	2,959	2,707	1,253	3,469	3,961	2,809	1,944	3,000	2,327	1,793	2,658	2,571	2,671	2,811	1,120	0,937	1,309
23/04/2016	1,263	1,398	1,148	0,724	0,567	0,932	0,529	0,873	0,922	1,371	1,405	1,461	0,777	1,094	1,036	0,950	0,728	0,507	0,575	1,611	2,527	2,273	2,654	1,937
24/04/2016	1,841	2,228	2,427	2,713	1,773	1,781	1,644	2,125	2,213	2,793	3,098	2,953	3,428	3,371	3,770	3,883	3,164	2,892	3,087	3,264	4,305	4,580	3,859	2,395
25/04/2016	2,007	1,339	1,183	1,937	2,528	2,516	2,239	3,164	4,138	4,487	3,536	2,529	2,824	3,087	3,231	2,975	3,015	3,344	3,221	4,381	4,956	5,137	4,380	3,422
26/04/2016	3,123	3,371	2,264	1,659	2,161	1,334	1,033	1,480	3,080	4,500	3,102	3,013	4,629	4,397	3,824	4,711	4,341	4,445	5,578	5,533	5,192	3,361	4,541	3,025
27/04/2016	2,591	1,286	1,950	3,296	3,048	0,920	0,958	1,153	3,190	4,736	3,686	3,047	3,559	3,213	4,081	4,511	5,026	4,732	4,856	5,279	5,466	4,687	4,829	4,646
28/04/2016	5,185	4,906	4,373	3,995	4,285	4,449	3,473	3,247	5,449	6,511	4,932	5,646	4,624	4,471	4,485	5,998	5,857	5,220	5,365	5,299	5,236	4,694	4,732	3,350
29/04/2016	3,988	2,474	2,698	2,862	3,490	3,123	2,875	3,275	2,520	2,210	2,118	2,543	2,025	1,881	2,650	1,744	1,076	1,402	1,880	2,325	2,358	1,774	1,631	2,351
30/04/2016	2,706	1,918	1,485	1,037	0,953	2,156	1,415	1,632	2,162	3,480	4,280	4,452	3,961	3,364	3,225	3,063	3,100	2,124	1,165	1,394	1,091	1,015	0,842	0,874
01/05/2016	0,777	1,497	1,722	1,996	1,970	2,043	1,497	2,247	3,210	4,913	6,182	6,218	6,816	6,953	6,956	5,617	4,680	3,371	3,780	1,789	1,268	0,894	1,303	2,065
02/05/2016	1,801	1,987	1,860	1,703	1,460	1,599	1,817	2,192	1,575	1,214	1,411	1,024	1,560	2,080	1,889	1,161	0,772	0,677	0,934	1,751	1,930	1,628	2,355	3,290
03/05/2016	3,714	4,082	4,321	2,759	2,954	3,364	2,900	3,055	2,814	2,272	1,970	2,212	2,124	1,999	1,641	1,756	1,555	1,145	2,514	2,073	2,608	3,229	3,721	3,189
04/05/2016	2,325	1,445	1,529	1,447	0,997	1,517	1,236	1,396	1,781	2,916	3,099	2,891	2,681	2,599	2,362	2,002	1,650	1,016	1,230	1,592	1,467	2,621	2,084	2,400
05/05/2016	2,146	2,255	1,328	0,869	1,156	0,909	2,127	1,906	0,759	1,008	2,745	2,501	2,716	1,810	2,144	1,949	1,387	0,509	1,340	2,142	2,364	2,272	2,735	2,831
06/05/2016	3,083	2,068	1,625	2,299	2,258	1,817	2,072	1,503	1,005	1,371	2,367	2,490	2,564	2,342	1,821	1,531	1,576	0,454	1,607	2,313	1,938	3,215	2,446	1,509
07/05/2016	1,984	2,391	1,346	1,554	0,932	1,568	2,041	1,446	0,778	1,451	1,062	1,185	1,341	1,950	2,285	2,172	1,400	0,564	1,340	2,272	1,871	2,341	2,452	2,207
08/05/2016	2,360	2,085	1,834	2,098	2,315	0,830	1,607	1,747	0,811	0,778	1,852	2,627	3,577	3,365	3,430	4,018	3,449	2,101	1,515	1,000	0,587	0,553	0,914	1,973
09/05/2016	1,044	1,487	1,843	1,118	1,622	2,209	1,201	0,863	1,150	1,268	1,562	1,699	1,710	2,619	3,585	4,551	5,923	4,812	5,700	6,176	6,108	5,452	5,342	4,488
10/05/2016	3,066	1,968	2,228	3,156	3,541	2,988	1,817	1,901	3,648	4,832	5,352	4,849	4,420	4,300	5,042	5,306	5,572	5,075	4,317	3,114	2,614	3,407	3,975	4,233
11/05/2016	3,691	4,960	4,374	3,085	2,015	3,123	1,538	2,308	4,585	4,729	4,300	4,535	3,818	3,901	5,117	5,181	5,158	5,250	5,361	5,319	3,990	3,929	3,942	2,946
12/05/2016	3,423	3,144	3,284	3,307	2,958	3,212	2,444	1,895	1,833	2,044	2,568	2,995	2,145	2,165	1,704	2,009	1,491	0,686	2,039	2,514	2,538	2,416	2,768	1,797
13/05/2016	2,119	1,276	1,958	1,597	2,230	1,950	1,870	1,729	1,070	1,728	2,481	2,986	2,800	2,604	2,812	2,090	1,722	0,830	0,638	2,089	1,814	1,966	2,437	2,366
14/05/2016	1,874	1,044	1,931	2,317	1,808	2,322	2,034	2,623	1,422	1,198	1,455	1,659	2,787	2,757	2,054	1,591	2,977	2,963	2,902	2,606	4,198	4,789	3,408	2,715
15/05/2016	3,201	2,738	2,035	2,743	2,442	0,769	0,561	0,815	0,756	0,902	1,886	2,847	2,558	2,959	2,148	1,387	1,672	1,515	2,299	2,595	2,581	2,199	2,250	2,780
16/05/2016	2,221	0,924	1,070	1,739	2,929	2,613	1,762	1,799	0,498	0,667	1,263	1,769	2,157	2,565	2,459	2,460	1,562	1,260	3,018	3,168	3,131	4,572	4,889	5,108
17/05/2016	5,059	4,685	4,430	3,627	3,176	2,117	2,765	2,948	2,795	3,573	2,566	2,285	1,409	1,483	1,395	1,962	1,344	2,779	3,345	3,055	2,958</			

Data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/06/2016	1,606	1,484	0,977	0,730	0,571	0,980	0,873	0,831	1,718	2,350	3,262	3,496	3,923	3,911	2,814	3,150	2,760	2,825	2,427	2,437	2,661	2,390	2,120	2,540
02/06/2016	2,600	2,185	2,440	2,165	2,671	2,145	2,257	2,325	2,287	2,478	3,660	3,549	4,219	5,095	4,853	4,227	3,642	3,320	2,424	2,856	3,499	4,192	4,292	4,237
03/06/2016	3,925	3,598	3,559	2,779	2,789	3,891	3,528	3,464	3,084	1,820	1,748	2,075	2,767	1,892	1,924	1,981	1,201	0,400	0,803	2,642	3,131	2,929	3,223	3,568
04/06/2016	3,875	3,754	3,384	2,680	2,893	1,523	1,197	1,705	1,069	0,845	1,211	2,276	3,707	3,523	3,100	2,608	1,848	0,588	1,848	3,112	3,173	2,751	2,504	2,196
05/06/2016	2,050	1,669	1,592	1,597	1,883	1,143	1,760	1,789	1,282	2,153	2,985	4,406	4,858	4,680	4,471	4,418	2,537	1,243	1,286	1,440	1,161	1,436	1,963	1,656
06/06/2016	1,746	1,282	0,772	1,169	1,609	1,585	1,780	1,415	1,592	1,076	1,830	2,043	1,426	1,425	0,938	2,248	4,100	3,320	2,940	1,604	1,402	1,401	1,139	1,237
07/06/2016	0,903	1,116	1,469	1,246	0,936	1,006	1,208	0,891	0,957	1,666	2,786	4,910	5,110	5,312	5,197	4,569	3,011	1,549	0,777	0,846	1,054	1,421	1,430	1,159
08/06/2016	1,962	1,333	1,029	1,303	1,469	1,688	0,851	1,192	0,931	3,819	5,403	6,553	6,520	6,206	7,146	5,337	3,712	2,569	2,294	1,602	1,687	1,731	1,054	1,027
09/06/2016	2,002	2,273	1,243	1,730	2,287	1,092	1,038	0,552	0,556	1,904	1,991	1,702	2,441	2,607	2,780	1,578	1,698	2,094	5,042	6,012	6,098	6,778	7,153	7,321
10/06/2016	6,166	5,568	5,978	5,070	3,352	3,840	5,686	5,201	5,173	5,004	4,961	4,579	4,751	6,130	5,780	7,088	7,133	5,999	6,719	6,757	6,696	6,221	5,697	4,348
11/06/2016	4,433	4,219	1,727	2,419	2,504	3,609	2,347	3,451	3,775	3,430	3,946	2,999	1,597	1,697	2,426	3,408	3,091	2,520	1,465	2,000	3,181	2,931	2,290	2,568
12/06/2016	2,403	2,139	2,427	2,468	2,406	2,584	3,048	3,723	3,499	2,506	2,465	4,350	4,464	3,774	2,494	2,979	2,351	2,809	2,163	1,310	0,900	0,981	0,849	0,963
13/06/2016	0,805	1,122	1,004	1,249	0,732	1,118	1,754	2,552	1,516	1,603	3,450	3,978	4,194	3,976	2,687	2,629	1,941	0,714	1,238	1,753	1,769	1,931	2,030	2,341
14/06/2016	2,334	1,661	1,285	1,579	1,928	1,542	1,846	1,495	1,354	3,311	3,657	4,487	3,774	2,767	2,593	2,375	2,323	1,320	1,150	1,998	2,350	2,982	3,169	2,589
15/06/2016	1,783	1,357	2,333	2,155	2,616	2,445	2,831	3,028	3,182	3,736	4,204	4,703	3,542	2,815	3,100	3,726	3,994	3,836	3,702	4,905	5,290	4,195	2,610	2,846
16/06/2016	4,212	2,347	2,802	2,194	2,665	3,143	3,145	2,260	1,959	1,600	1,246	1,739	2,272	2,537	2,258	2,346	1,851	0,847	1,438	1,870	2,247	2,247	2,271	2,483
17/06/2016	2,442	2,007	2,005	0,750	1,486	2,279	1,397	1,829	0,909	1,179	1,521	2,048	2,098	2,075	1,653	1,493	1,677	0,917	1,577	2,597	4,127	2,825	2,599	3,146
18/06/2016	3,179	2,898	1,807	1,744	1,692	1,353	1,069	2,068	1,411	0,725	1,453	1,929	2,065	3,102	3,630	4,606	3,636	4,905	5,537	4,745	6,177	5,331	5,123	4,099
19/06/2016	3,903	3,576	3,925	4,039	3,289	3,510	3,924	4,838	5,445	5,807	5,709	5,724	5,119	5,649	6,044	6,197	6,481	6,076	5,885	5,733	5,418	5,760	5,396	5,100
20/06/2016	5,256	4,442	3,892	3,237	2,174	1,930	1,986	1,939	2,955	3,624	2,706	2,007	2,148	1,553	2,358	3,698	3,220	3,510	4,581	4,555	4,874	4,550	3,869	3,676
21/06/2016	3,794	3,436	2,793	2,645	2,641	2,013	2,529	1,877	2,161	2,223	1,596	1,793	2,642	1,691	1,727	2,008	3,354	3,813	4,164	4,751	4,366	3,735	3,973	3,370
22/06/2016	2,883	3,275	3,503	3,423	3,378	2,431	1,233	2,302	2,636	2,256	2,138	2,819	2,783	2,849	2,630	2,130	1,325	0,903	1,439	2,824	2,592	2,322	1,342	1,409
23/06/2016	1,313	1,270	1,870	2,659	2,209	1,196	1,404	1,115	1,110	1,218	1,343	3,423	3,368	2,923	3,117	2,833	1,983	1,683	1,439	0,743	0,999	1,122	0,984	0,849
24/06/2016	1,073	1,013	1,147	1,724	1,635	0,818	1,943	1,605	1,432	1,025	2,179	2,464	2,273	2,175	2,514	1,593	1,377	0,604	0,908	1,673	2,346	2,614	1,673	2,237
25/06/2016	2,134	2,616	1,909	2,173	1,825	1,527	1,617	1,772	1,109	1,386	2,264	2,955	2,971	2,712	2,695	2,426	2,409	1,533	1,012	2,270	2,693	1,915	2,021	2,016
26/06/2016	2,376	1,483	1,250	1,154	2,079	2,731	2,488	1,805	0,752	0,715	1,507	2,728	4,023	4,091	3,578	3,601	2,328	1,267	1,417	2,166	2,082	1,580	2,953	2,389
27/06/2016	0,862	1,346	1,627	2,419	2,166	2,490	1,629	1,455	0,745	1,127	1,939	3,494	3,896	2,832	3,064	3,006	1,900	0,651	1,599	2,858	3,514	2,498	1,751	1,993
28/06/2016	1,181	0,928	2,330	1,201	0,669	2,243	1,709	1,932	1,656	0,941	2,626	4,227	4,090	3,824	3,874	3,259	2,434	1,753	1,840	0,914	1,554	1,647	1,114	1,879
29/06/2016	1,694	1,907	1,515	1,426	0,960	0,830	1,123	0,978	1,111	3,030	3,511	4,250	4,777	5,434	4,802	5,618	4,202	3,596	3,517	1,996	2,103	1,366	1,150	1,266
30/06/2016	1,373	0,871	1,677	3,595	2,924	2,001	2,514	1,867	1,700	2,335	3,156	3,737	4,397	4,875	5,716	5,514	3,896	2,785	2,268	2,272	1,131	0,839	1,652	1,898
01/07/2016	2,180	2,029	2,541	2,633	2,102	2,433	2,182	1,965	1,181	1,125	1,525	2,155	3,222	4,331	4,443	3,278	2,578	1,774	1,935	1,494	2,270	2,461	3,246	2,489
02/07/2016	1,977	2,073	2,274	2,311	2,366	1,442	1,676	2,276	1,495	0,691	2,033	2,836	3,090	3,342	4,136	3,347	2,658	2,234	2,135	2,151	2,282	1,515	2,613	2,305
03/07/2016	2,387	3,107	2,251	2,170	1,832	1,819	1,914	1,853	1,461	0,807	1,868	3,193	2,762	2,458	2,418	2,258	1,570	0,442	1,881	2,696	3,376	3,561	3,503	2,504
04/07/2016	2,072	1,154	2,033	3,336	1,990	2,126	2,413	1,474	1,519	0,751	1,442	1,965	1,971	2,095	2,110	1,322	1,520	0,606	1,996	3,138	2,692	3,328	3,255	2,158
05/07/2016	1,024	1,649	2,211	2,292	2,313	2,493	2,550	2,073	0,671	1,648	1,943	2,752	3,305	3,413	3,185	3,397	2,558	2,736	1,873	1,997	1,840	2,188	1,356	1,891
06/07/2016	1,935	1,658	2,413	2,660	1,489	2,430	1,425	2,444	2,511	3,191	4,807	5,815	4,889	4,913	5,330	4,962	2,784	1,775	1,462	1,248	1,612	0,900	0,465	0,993
07/07/2016	0,943	1,074	1,793	1,942	1,840	1,389	0,816	0,623	0,670	1,287	1,987	2,653	3,208	2,657	1,900	1,091	1,012	1,586	2,298	2,546	2,366	2,981	4,169	5,284
08/07/2016	5,889	5,698	3,840	3,734	5,512	5,666	5,407	4,732	3,744	3,554	2,642	3,337	3,992	4,229	4,128	4,569	4,440	3,707	4,511	5,008	4,459	4,023	4,521	5,060
09/07/2016	4,721	3,761	2,356	2,298	2,196	3,114	2,401	2,674	3,177	3,607	3,491	2,834	1,657	1,775	2,909	3,175	2,884	3,225	3,201	3,277	3,087	2,405	2,709	2,822
10/07/2016	2,008	2,122	2,309	1,326	0,678	0,786	0,557	1,268	1,701	2,106	1,953	1,509	1,729	2,597	4,525	4,124	3,056	4,923	4,931	4,038	3,358	4,108	4,043	3,106
11/07/2016	2,446	2,606	3,924	3,429	3,606	3,494	3,892	3,250	3,537	4,171	5,618	5,546	5,204	6,621	7,025	5,639	5,439	5,265	4,925	5,602	5,728	4,641	4,921	4,739
12/07/2016	3,310	2,158	1,362	1,943	2,205	1,599	2,106	1,226	3,002	4,199	3,871	3,258	2,709	2,696	5,112	5,601	5,223	4,479	3,912	3,513	3,618	3,331	3,377	3,484
13/07/2016	3,485	3,281	3,928	3,815	2,877	2,536	2,718	2,946	3,379	4,530	3,698	2,475	1,801	2,146	2,124	1,688	3,362	3,683	3,731	4,025	3,413	3,922	3,510	3,449
14/07/2016	3,354	2,864	3,159	3,120	3,172	2,901	3,302	3,256	3,702	3,445	2,459	1,986	1,818	2,243	1,818	1,865	1,874	3,169	3,025	3,653	3,331	3,875	3,089	3,314
15/07/2016	3,461	3,512	2,691	3,169	2,431	2,392	2,168	1,655	1,693	1,313	2,201	2,810	2,421	1,496	1,738	1,634	1,314	2,148	1,851	2,105	2,688	2,686	2,837	3,387
16/07/2016	3,507	3,643	3,004	2,223	1,456	1,452	1,470	1,037	1,042	0,976	1,646	1,938	2,840	3,351	2,186	1,959	1,228	1,597	1,697	2,449	2,623	3,153	2,782	1,271
17/07/2016	1,949	1,958	1,993	1,597	1,433	1,627	2,168	2,101	1,045	1,036	3,083	4,131	4,207	3,290	3,659	3,426	3,202	1,831	1,593	1,706	1,053			

APÊNDICE B

Velocidade horária média do vento: aerogerador 2 instalado a 10 metros de altura

Data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
18/11/2015	4,897	3,249	3,495	3,588	3,815	2,754	4,244	4,015	2,865	1,954	1,898	1,640	2,879	3,233	2,743	2,358	3,268	4,115	4,120	3,054	2,943	3,636	4,371	2,523
19/11/2015	2,824	1,701	2,948	3,134	3,335	2,412	0,741	2,001	3,257	3,852	3,820	3,458	3,001	2,964	1,902	1,857	1,275	1,760	1,591	1,825	2,413	2,395	3,094	3,543
20/11/2015	3,537	2,240	1,178	1,245	1,724	2,597	1,693	1,482	2,117	2,849	2,223	2,188	2,733	3,184	4,164	4,467	3,952	4,101	3,615	3,280	3,874	3,602	3,209	2,483
21/11/2015	2,508	1,494	2,365	2,618	1,950	1,671	1,824	2,649	4,432	3,424	3,408	2,905	3,315	2,892	3,078	2,765	1,974	4,058	2,921	2,065	3,189	3,101	3,094	2,384
22/11/2015	1,230	0,958	1,067	0,997	1,555	1,552	1,876	1,516	1,724	2,328	3,294	2,663	7,304	7,381	8,028	6,801	2,902	1,647	1,507	1,530	0,795	1,172	1,104	0,821
23/11/2015	1,459	1,681	1,462	0,837	0,969	0,809	0,802	1,179	1,292	1,746	2,731	2,180	2,673	4,158	3,316	2,507	2,606	2,516	3,740	5,370	5,336	4,092	4,730	4,417
24/11/2015	3,998	3,870	2,753	1,890	3,058	2,630	2,763	3,637	2,981	2,550	2,683	2,552	2,570	2,504	2,381	3,519	1,464	1,306	4,334	6,308	4,595	1,413	1,334	1,294
25/11/2015	2,239	0,892	0,944	1,761	1,989	2,033	2,943	3,140	1,727	1,966	3,926	3,881	3,309	4,004	5,510	2,861	3,882	3,331	2,715	1,543	1,272	1,469	3,272	2,567
26/11/2015	1,681	0,842	1,224	2,843	3,658	3,457	2,374	3,133	3,810	4,193	5,195	5,596	5,090	3,169	4,373	2,728	2,381	2,605	1,790	1,500	2,142	1,978	1,655	1,253
27/11/2015	0,692	2,139	1,325	1,443	1,415	0,803	0,654	0,899	0,816	1,708	2,507	1,842	2,012	3,273	4,501	3,963	4,743	4,016	5,178	6,082	6,892	5,197	3,871	3,766
28/11/2015	4,537	1,812	3,179	3,041	4,307	4,303	3,944	4,280	4,699	4,280	3,328	2,594	2,880	3,336	3,934	5,033	6,342	6,820	7,224	7,647	7,240	6,600	5,022	6,027
29/11/2015	5,142	4,543	4,758	3,819	2,925	3,099	3,594	3,252	4,056	3,364	3,279	3,236	3,671	4,618	4,299	4,226	5,365	4,709	4,716	4,014	4,231	3,421	3,246	4,071
30/11/2015	3,055	2,994	3,013	2,672	3,342	3,556	3,794	3,613	2,267	2,732	2,526	3,423	3,753	4,818	4,490	4,510	2,935	2,404	2,368	1,885	0,997	0,579	0,997	0,955
01/12/2015	1,964	2,465	2,240	2,057	2,060	2,256	2,151	2,335	4,165	4,383	4,609	3,731	3,851	3,507	2,759	1,891	3,323	2,787	2,001	1,457	1,615	1,911	2,384	2,202
02/12/2015	2,103	1,795	1,585	2,115	1,942	2,206	2,446	3,916	4,175	4,684	5,315	4,969	5,281	6,106	6,427	6,102	5,519	4,416	2,380	2,639	2,399	1,519	1,395	1,254
03/12/2015	0,949	1,041	0,816	0,559	0,613	0,605	1,517	3,004	3,685	4,992	4,595	5,099	5,048	5,197	4,365	4,981	4,863	4,312	2,414	1,508	1,229	1,595	1,101	0,901
04/12/2015	1,350	1,428	1,795	1,797	1,986	1,214	1,068	1,237	1,924	2,175	2,766	5,455	6,299	6,338	5,548	5,583	5,587	7,204	7,197	7,515	6,479	5,514	4,991	3,333
05/12/2015	2,622	4,393	4,304	2,845	3,887	5,116	5,710	6,245	5,746	6,690	6,240	6,291	6,159	6,565	6,718	8,158	8,652	8,203	7,997	6,832	5,633	4,191	5,500	4,970
06/12/2015	3,927	3,353	3,121	4,149	4,947	3,470	4,375	4,100	4,011	3,686	3,096	2,054	2,210	2,340	3,710	3,708	3,418	3,008	3,278	5,899	4,405	5,360	3,623	3,140
07/12/2015	3,367	3,161	3,348	3,067	3,204	2,784	1,957	2,780	3,628	4,400	3,326	3,072	2,457	2,650	2,780	2,623	2,513	2,801	2,869	2,449	2,722	1,975	1,948	1,904
08/12/2015	1,657	1,810	2,017	1,130	1,338	1,411	0,994	1,749	3,345	3,048	3,368	3,215	3,360	3,333	3,067	2,898	3,126	5,276	3,683	2,149	1,555	1,386	0,829	1,313
09/12/2015	1,830	2,101	1,144	1,276	0,855	0,660	1,213	2,186	1,818	2,842	3,053	3,294	3,591	4,369	4,721	2,733	1,267	0,913	0,937	0,571	3,613	2,294	1,747	1,532
10/12/2015	1,237	1,290	1,127	0,663	0,447	0,873	1,232	2,240	3,403	3,689	4,379	4,424	5,004	5,292	1,957	3,258	2,473	2,009	2,269	1,197	1,175	1,107	1,323	0,714
11/12/2015	1,861	2,257	2,104	1,443	0,973	0,749	1,354	1,522	2,850	3,248	2,647	2,787	2,823	3,342	4,544	3,412	5,824	5,286	3,774	1,749	1,287	0,752	1,628	1,483
12/12/2015	0,508	0,710	1,312	0,862	0,921	0,754	0,916	1,788	2,244	4,397	3,781	4,546	4,181	4,069	6,043	5,672	2,763	2,965	1,289	1,014	1,222	1,133	1,101	1,107
13/12/2015	1,963	3,066	2,930	2,723	2,498	2,698	3,102	4,040	4,794	5,050	5,317	5,516	4,347	6,137	2,950	2,890	2,293	1,931	1,765	1,572	1,600	1,067	1,005	1,675
14/12/2015	0,961	0,866	1,423	1,164	0,913	1,004	1,246	1,368	1,194	1,478	3,035	2,875	2,543	2,662	3,377	7,260	7,508	7,881	7,290	7,454	7,459	5,627	5,422	5,013
15/12/2015	4,982	4,330	3,101	1,633	3,650	2,112	2,782	4,860	5,108	5,038	4,983	4,782	5,310	4,160	4,648	5,061	5,399	5,106	5,573	6,387	7,118	6,936	6,908	5,898
16/12/2015	5,571	4,640	3,250	3,158	3,135	3,370	3,614	3,307	2,799	2,176	2,359	2,121	2,502	2,587	3,037	2,934	2,666	3,401	3,866	5,980	6,143	6,131	5,586	2,911
17/12/2015	3,455	3,080	1,937	3,033	3,227	3,497	2,475	1,660	2,387	3,068	3,190	3,929	4,571	4,274	3,531	3,608	3,680	3,376	3,520	2,637	2,956	3,171	3,890	3,318
18/12/2015	3,873	2,326	1,795	2,268	1,649	2,579	2,137	1,857	1,445	1,769	2,051	3,027	3,847	3,878	3,577	3,528	3,420	3,108	4,193	1,989	1,505	1,964	1,565	1,838
19/12/2015	1,703	1,676	1,238	2,385	1,516	2,481	3,222	2,744	3,722	4,209	3,745	3,151	4,083	3,701	4,412	4,993	5,601	4,514	4,718	3,644	3,615	2,669	2,353	3,834
20/12/2015	3,067	2,334	1,977	1,288	1,613	1,796	1,072	2,254	3,709	2,331	3,266	4,452	4,903	4,719	3,523	3,535	3,565	2,972	2,334	1,921	3,038	2,201	1,889	1,843
21/12/2015	1,466	0,841	0,811	0,827	1,418	1,227	0,742	2,426	3,745	5,381	6,000	5,540	4,836	6,481	4,911	5,080	4,561	5,204	2,621	2,760	2,694	2,816	2,530	2,727
22/12/2015	3,246	2,831	2,949	3,049	2,651	2,844	3,220	4,102	4,707	5,605	5,550	5,048	4,552	4,751	4,133	3,663	4,085	3,801	2,615	2,627	1,859	1,686	1,386	1,584
23/12/2015	1,561	1,078	1,338	0,998	1,985	1,810	0,991	1,076	2,694	2,666	2,515	1,467	1,939	2,787	5,617	5,109	4,631	5,779	5,716	5,833	4,642	4,718	3,044	1,790
24/12/2015	3,806	2,983	3,343	2,963	3,361	3,458	3,072	4,399	4,031	4,479	4,467	3,820	3,311	4,736	4,223	4,508	4,478	4,889	5,228	5,551	5,079	4,783	4,396	4,215
25/12/2015	2,548	1,986	1,323	1,599	2,120	1,993	1,685	0,985	1,642	2,202	3,993	4,627	3,961	3,541	3,171	3,732	3,231	2,880	3,975	2,769	5,913	5,288	3,058	2,548
26/12/2015	1,645	1,782	3,382	1,860	2,148	3,328	3,817	3,122	2,064	2,205	2,228	2,406	2,070	2,446	2,324	1,697	1,397	1,089	1,703	1,593	2,823	2,621	2,785	2,503
27/12/2015	2,004	1,342	1,112	1,347	0,859	0,888	0,860	1,160	2,962	2,946	3,153	2,834	2,595	2,502	2,355	2,341	2,056	1,797	1,196	1,207	1,761	1,835	1,732	1,196
28/12/2015	2,548	1,986	1,323	1,599	2,120	1,993	1,685	0,985	1,642	2,202	3,993	4,627	3,961	3,541	3,171	3,732	3,231	2,880	3,975	2,769	5,913	5,288	3,058	2,548
29/12/2015	2,681	2,348	1,197	0,874	1,215	0,947	0,669	1,126	1,851	2,372	2,511	3,826	3,637	6,894	4,876	4,347	4,429	5,417	3,904	3,561	1,793	2,826	3,246	1,957
30/12/2015	1,406	1,170	1,751	2,349	2,185	0,904	0,622	0,782	1,260	1,901	2,100	2,572	3,080	2,995	2,381	6,283	4,857	2,311	2,999	1,711	1,727	1,679	1,613	2,318
31/12/2015	1,484	0,964	1,169	1,145	1,134	1,752	2,389	2,840	2,951	2,263	2,773	3,051	3,587	3,865	6,975	3,917	2,139	2,403	1,207	1,343	1,118	0,982	1,678	1,423
01/01/2016	1,307	1,213	1,470	1,055	1,058	0,479	1,113	1,331	1,874	3,431	4,540	5,230	5,140	4,308	2,652	2,781	1,956	2,067	1,694	2,061	2,801	1,489	1,619	1,273
02/01/2016	1,479	0,815	0,674	1,284	0,595	0,883	0,616	0,951	1,443	2,539	2,955	4,727	4,808	4,767	3,876	4,050	2,031	1,507	5,118	5,633	3,070	3,325	2,270	1,873
03/01/2016	1,165	0,720	1,231	1,538	1,310	1,586	1,735	2,415	2,393	1,584														

Data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/02/2016	3,061	4,180	3,282	1,476	1,859	2,269	1,545	2,412	1,805	1,474	1,400	1,583	2,868	2,925	2,481	2,845	3,235	4,791	4,972	4,475	4,758	4,102	4,049	3,943
02/02/2016	2,360	1,293	1,434	1,055	1,323	2,108	1,472	1,487	0,989	1,765	1,561	1,628	2,790	2,968	4,995	5,138	4,382	4,538	3,101	3,360	3,107	1,805	1,758	1,643
03/02/2016	2,048	1,901	1,796	1,204	0,776	1,449	1,252	1,677	1,182	1,536	2,344	2,279	2,310	2,113	2,545	2,184	1,990	1,476	1,395	2,849	2,120	2,071	2,070	2,840
04/02/2016	3,825	3,440	1,395	1,050	1,163	1,515	5,045	3,037	3,069	1,880	2,239	2,799	3,659	2,471	2,489	2,796	3,142	2,315	4,741	1,800	2,144	2,736	1,836	1,880
05/02/2016	1,787	1,874	1,617	2,319	2,722	2,094	2,829	4,224	4,314	4,791	4,132	4,692	4,978	5,876	3,595	2,798	1,967	1,172	1,444	1,046	0,918	0,850	1,828	0,626
06/02/2016	1,009	1,422	1,589	2,095	1,548	1,962	2,522	1,299	0,790	2,027	2,047	2,669	3,393	4,296	4,635	3,406	2,207	1,952	5,808	3,469	2,652	2,173	2,109	1,789
07/02/2016	0,485	1,200	1,789	1,286	1,232	1,006	0,502	0,723	1,725	1,754	2,583	3,685	3,466	3,194	3,042	3,203	2,908	2,488	1,009	0,524	3,146	3,376	3,031	3,592
08/02/2016	2,309	3,274	2,069	2,337	0,748	0,970	1,966	2,129	2,010	2,561	3,567	3,148	2,865	2,643	1,799	1,801	3,208	2,888	5,254	5,922	4,646	3,777	2,273	1,448
09/02/2016	1,144	1,175	1,203	0,995	1,240	0,824	0,938	0,869	1,319	2,176	3,514	3,030	2,678	2,946	3,490	3,390	2,746	2,994	1,442	0,962	1,791	2,512	2,659	2,097
10/02/2016	2,930	2,311	2,416	2,501	1,418	2,167	1,127	0,665	1,114	2,509	3,428	2,915	4,075	2,784	1,961	1,823	2,901	2,680	2,531	2,090	1,324	2,118	0,886	1,039
11/02/2016	1,178	1,908	1,564	1,193	2,544	2,102	1,149	2,087	2,502	2,484	3,440	3,548	3,144	3,402	4,979	3,825	2,516	2,466	1,421	2,028	1,082	1,624	1,866	1,625
12/02/2016	1,152	1,030	1,027	1,312	1,218	1,398	1,914	2,256	1,729	2,278	3,442	4,095	4,110	3,740	3,594	3,860	3,592	4,561	2,959	1,438	1,112	1,994	2,477	2,270
13/02/2016	1,694	1,084	1,469	0,945	1,339	1,329	1,407	1,388	1,387	1,952	2,295	3,602	8,968	6,515	3,227	1,362	1,212	1,780	2,023	1,929	1,770	2,439	2,399	1,615
14/02/2016	0,703	1,111	1,370	2,172	2,328	1,893	1,673	0,780	1,500	1,961	2,646	2,812	3,224	3,618	3,991	6,913	5,729	2,475	2,113	1,640	1,739	2,006	1,072	
15/02/2016	1,095	0,891	0,954	1,268	0,891	1,159	1,221	1,105	1,837	1,828	2,020	2,544	2,389	3,176	3,220	4,253	4,198	3,792	5,829	2,333	2,369	2,570	2,027	1,380
16/02/2016	1,005	1,266	1,504	0,673	0,698	0,856	1,773	1,927	1,628	1,869	2,841	2,513	2,709	2,607	1,890	2,312	1,355	1,172	1,178	0,976	0,928	0,885	1,642	3,561
17/02/2016	2,428	2,891	1,596	1,936	0,919	0,370	0,927	1,003	1,783	2,059	2,715	2,332	2,511	1,667	1,815	4,148	2,201	1,646	1,826	2,239	2,296	3,287	1,521	1,241
18/02/2016	0,981	1,157	1,314	3,808	4,284	3,781	1,777	2,540	3,438	4,439	3,795	4,044	4,410	4,797	4,751	5,225	4,374	4,260	3,278	2,619	2,496	2,798	3,004	1,520
19/02/2016	1,085	1,194	1,799	1,537	2,107	1,672	1,308	1,748	2,281	3,114	3,784	4,509	3,677	5,128	2,387	2,301	3,757	3,448	2,376	1,903	1,952	1,021	1,011	0,767
20/02/2016	0,827	1,499	2,939	4,140	3,189	2,428	1,949	1,842	2,114	2,937	3,944	3,883	2,567	3,856	3,366	2,682	1,782	1,179	1,011	1,642	2,120	2,789	2,327	2,343
21/02/2016	2,391	2,608	1,909	2,452	1,686	1,921	2,229	1,403	1,955	2,523	2,758	2,787	1,899	2,034	1,830	2,069	1,994	2,649	1,937	3,157	5,200	6,124	4,890	5,646
22/02/2016	5,390	4,683	2,865	2,277	2,121	1,709	1,867	2,601	2,157	2,374	2,018	2,058	2,169	2,066	1,716	2,127	2,745	2,182	2,071	3,893	4,244	4,764	5,919	4,164
23/02/2016	3,184	3,708	2,428	2,953	2,910	2,815	1,781	1,937	2,108	3,238	3,807	2,679	2,173	2,245	2,582	1,902	1,652	1,121	1,816	1,814	2,722	4,447	4,632	2,332
24/02/2016	1,559	0,949	0,715	1,678	1,334	1,099	1,181	1,751	3,472	3,377	3,663	3,983	3,470	2,785	2,316	2,309	3,001	1,885	1,411	4,095	4,874	5,343	5,047	3,793
25/02/2016	2,856	1,430	2,483	1,236	1,507	0,846	0,992	0,859	1,686	3,402	3,643	4,109	3,958	4,235	3,913	3,036	3,675	1,287	2,600	1,977	2,135	1,802	3,024	1,386
26/02/2016	1,466	1,457	1,045	1,222	1,500	1,160	1,078	1,810	2,086	1,680	2,326	2,443	2,460	3,172	2,826	2,199	1,651	1,909	1,199	1,014	1,091	3,069	2,127	1,929
27/02/2016	1,853	1,874	1,299	1,937	1,417	1,282	0,979	1,195	2,206	2,206	2,774	2,990	2,846	2,585	4,994	6,351	4,347	3,555	2,335	2,514	2,354	3,934	2,973	1,175
28/02/2016	2,120	1,838	1,441	1,299	1,101	1,855	2,407	0,833	1,513	4,562	4,424	4,305	3,634	3,021	3,565	5,605	3,527	5,040	7,306	7,176	4,662	4,288	6,499	5,368
01/03/2016	5,383	3,751	1,757	1,716	3,295	2,578	1,725	2,077	2,739	3,889	6,055	6,921	5,733	4,476	4,157	3,227	1,994	2,317	2,526	1,233	0,828	3,021	2,463	2,148
02/03/2016	2,013	1,572	2,136	1,068	0,887	2,268	1,635	1,297	1,763	2,118	2,112	2,353	2,564	3,047	3,427	2,905	4,165	5,888	5,289	6,077	3,666	3,146	3,401	3,945
03/03/2016	2,765	3,204	3,738	2,562	1,188	2,677	2,304	2,481	3,515	3,007	2,245	1,907	2,325	2,223	2,650	4,000	2,599	1,439	2,932	6,021	6,262	6,290	5,699	4,794
04/03/2016	3,369	3,051	3,301	2,655	2,559	2,767	2,456	1,894	2,488	3,808	3,628	3,495	3,158	2,303	2,518	1,950	1,464	1,356	3,497	2,966	3,506	3,306	2,102	3,132
05/03/2016	2,110	1,715	2,013	1,672	0,651	1,485	1,136	1,735	1,193	1,368	2,070	2,965	1,837	1,554	1,964	2,671	1,871	1,000	0,805	0,747	1,004	1,232	1,143	1,112
06/03/2016	1,065	0,724	0,662	1,358	1,220	0,608	1,155	1,116	0,861	1,243	2,098	2,916	2,787	3,017	3,153	3,926	4,262	3,583	2,268	2,699	3,051	2,682	3,552	3,774
07/03/2016	1,917	1,624	1,643	1,266	1,050	1,514	0,715	1,559	2,140	2,144	2,259	2,364	2,598	2,483	2,969	1,498	3,100	2,499	1,268	5,587	5,157	4,988	5,119	3,041
08/03/2016	3,086	3,130	1,214	1,113	0,690	0,764	1,750	1,260	1,462	2,089	2,225	1,397	1,611	1,684	3,905	3,625	3,085	2,189	1,374	1,223	1,801	1,669	1,909	1,918
09/03/2016	0,748	1,195	1,295	1,536	0,890	0,546	1,462	1,433	2,577	3,704	3,818	4,799	4,594	4,071	3,360	3,967	2,810	2,438	1,610	0,924	1,412	2,083	2,049	2,079
10/03/2016	2,252	1,497	1,134	1,378	2,154	1,302	1,406	1,201	1,854	3,450	3,616	4,592	3,980	3,978	4,218	3,925	2,738	2,573	3,269	5,489	3,441	1,275	2,385	1,507
11/03/2016	1,158	2,093	2,485	2,166	1,790	0,868	2,157	2,056	1,795	2,865	3,280	4,253	4,131	5,398	5,217	4,500	5,080	2,706	2,303	1,749	1,642	1,616	4,157	3,209
12/03/2016	3,020	2,614	1,495	1,668	2,061	1,722	2,095	2,028	2,699	2,128	1,808	2,520	3,076	2,000	1,348	1,818	4,641	4,873	3,136	3,202	4,259	4,145	4,870	4,296
13/03/2016	3,721	2,968	3,335	3,031	2,643	2,830	2,660	1,779	2,767	4,529	4,996	4,434	3,792	2,919	4,331	3,678	3,967	4,293	4,675	3,895	3,463	3,190	2,551	3,071
14/03/2016	3,395	2,297	2,481	3,011	2,739	2,591	1,833	2,163	3,988	4,298	4,157	3,559	2,853	2,293	1,839	1,786	3,880	1,142	2,200	3,280	3,761	3,211	2,251	3,133
15/03/2016	2,252	1,195	0,855	1,028	1,814	1,125	0,784	1,133	1,992	3,455	3,441	3,697	2,787	3,119	2,652	2,067	2,492	1,454	0,762	1,437	2,375	2,039	2,141	2,898
16/03/2016	2,334	1,345	2,439	1,709	1,830	2,012	1,409	2,356	3,557	4,318	4,351	3,469	3,607	3,019	1,950	1,914	2,768	2,077	3,626	3,153	2,652	2,059	2,664	2,852
17/03/2016	1,481	1,170	1,316	1,603	0,832	1,289	0,884	1,478	3,381	4,214	4,621	4,234	4,121	3,292	3,219	3,503	2,956	1,757	1,126	2,122	2,884	3,340	3,295	2,801
18/03/2016	3,818	1,602	1,312	1,125	1,127	0,921	1,381	1,913	1,285	1,554	2,590	2,873	2,500	2,583	3,889	2,387	2,395	2,132	4,714	5,626	3,228	1,517	0,889	1,191
19/03/2016	1,505	1,654	1,626	1,810	1,063	1,467	0,976	0,885	1,175	1,494	2,105	3,341	3,350	2,836	2,955	3,019	2,477	2,081	1,589	2,330	2,374	1,		

Data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/04/2016	0,672	1,196	1,463	0,787	1,254	1,112	1,721	1,895	1,117	1,679	1,976	2,137	1,944	2,105	2,667	3,670	4,069	4,994	1,994	1,665	2,384	1,753	0,785	0,847
02/04/2016	1,932	0,608	1,431	2,208	2,404	2,214	1,539	2,670	1,509	1,329	1,584	1,732	2,194	3,321	4,360	5,532	4,332	4,281	2,837	2,421	4,159	3,467	1,475	1,975
03/04/2016	1,002	2,043	2,649	2,247	2,390	1,702	2,674	2,829	2,942	1,843	1,978	2,137	2,517	3,285	4,236	5,314	4,901	5,791	5,665	5,511	5,958	6,228	4,302	2,395
04/04/2016	1,376	1,107	1,287	1,746	1,537	1,264	2,852	2,515	3,071	4,021	4,850	3,728	4,868	4,371	4,537	5,131	4,672	5,946	5,822	6,568	6,198	5,915	5,493	4,531
05/04/2016	3,199	2,835	2,438	2,171	1,840	3,148	3,019	3,240	2,427	1,887	1,674	2,386	2,197	1,714	2,348	2,322	1,922	3,101	2,920	3,310	4,435	5,846	4,231	2,290
06/04/2016	3,156	3,307	3,220	2,069	0,927	1,242	2,208	1,169	1,372	2,279	2,062	2,080	2,976	2,980	2,651	2,250	2,239	1,630	1,939	2,069	3,354	3,222	3,256	2,525
07/04/2016	3,077	2,704	1,889	1,342	1,045	0,785	1,155	1,458	0,932	1,621	2,155	2,632	3,494	3,064	2,383	2,684	2,385	1,035	1,043	2,173	3,281	4,009	2,897	2,635
08/04/2016	1,855	2,315	2,261	1,715	2,038	2,878	1,213	1,423	0,985	1,238	1,602	2,303	2,674	3,144	2,939	3,431	3,023	1,627	0,859	2,152	2,094	2,350	3,044	1,498
09/04/2016	1,707	0,789	1,811	1,593	0,758	1,007	0,936	2,110	1,747	2,053	2,484	2,511	3,345	3,512	3,610	3,137	4,402	3,455	2,532	2,538	1,878	1,672	1,109	0,659
10/04/2016	0,822	1,746	2,309	1,501	1,517	1,498	1,255	1,323	2,848	3,132	2,942	1,339	1,818	3,291	5,054	5,268	5,110	4,551	5,073	4,727	5,537	4,967	4,715	4,465
11/04/2016	4,231	3,569	3,579	4,318	4,314	3,058	3,003	2,876	2,331	2,365	2,933	3,217	2,890	3,531	3,932	4,687	3,290	2,489	1,938	1,450	2,410	1,957	1,137	1,362
12/04/2016	1,626	0,946	0,875	1,182	1,470	1,606	1,484	1,093	2,974	4,954	5,266	4,762	4,877	5,190	4,141	3,260	3,380	3,076	4,326	2,981	5,409	0,000	0,000	0,000
13/04/2016	0,000	0,000	0,000	1,385	0,931	0,734	0,564	1,045	1,041	1,955	1,735	2,232	1,731	2,216	2,609	2,774	3,914	3,569	2,316	2,602	4,114	5,548	5,247	4,892
14/04/2016	4,751	4,934	4,737	4,536	3,635	4,716	4,537	4,656	5,580	5,535	5,828	5,932	6,762	7,361	7,788	8,095	7,286	6,949	7,124	6,822	6,870	6,552	6,165	5,018
15/04/2016	4,671	4,621	5,005	5,703	4,512	4,248	2,856	1,921	2,710	3,392	0,000	2,718	1,864	1,608	1,183	2,027	3,429	3,832	3,604	3,984	4,554	3,492	2,777	2,182
16/04/2016	2,693	2,687	1,380	1,580	1,743	1,763	2,547	1,975	2,992	2,775	2,504	2,229	1,740	3,604	3,414	4,049	3,207	2,871	2,376	2,744	2,368	2,361	2,759	3,200
17/04/2016	3,081	2,255	2,912	2,705	2,916	3,297	2,358	1,701	1,552	2,023	2,252	2,528	3,331	3,411	4,052	4,426	3,860	2,240	3,517	3,763	4,357	3,076	1,595	2,384
18/04/2016	3,361	2,427	2,666	1,944	1,680	2,519	2,669	1,201	1,435	2,262	2,986	2,877	3,032	2,760	2,775	2,726	1,539	2,228	2,566	2,585	2,879	2,223	2,428	2,723
19/04/2016	2,269	1,559	2,847	2,780	1,730	1,695	1,741	1,356	0,741	1,214	1,894	2,173	2,936	2,983	2,676	2,202	1,741	0,893	1,016	2,126	3,167	2,914	2,140	2,877
20/04/2016	5,914	5,191	5,054	2,192	1,629	1,117	1,478	1,715	1,080	0,919	2,536	2,006	1,866	2,560	3,351	4,685	4,262	2,792	2,641	3,884	4,451	3,091	3,396	2,890
21/04/2016	2,148	1,660	1,974	1,823	2,277	2,346	1,339	1,694	2,549	2,563	1,947	1,794	1,804	2,510	2,765	2,910	2,289	2,699	2,681	2,628	4,143	3,701	3,757	2,686
22/04/2016	3,744	2,606	1,101	1,451	1,780	1,807	2,093	2,959	2,707	1,253	3,469	3,961	2,809	1,944	3,000	2,327	1,793	2,658	2,571	2,671	2,811	1,120	0,937	1,309
23/04/2016	1,263	1,398	1,148	0,751	0,567	0,932	0,529	0,873	0,922	1,371	1,405	1,461	0,777	1,094	1,036	0,950	0,728	0,507	0,575	1,611	2,527	2,073	2,654	1,937
24/04/2016	1,841	2,228	2,427	2,713	1,773	1,781	1,644	2,125	2,213	2,793	3,098	2,953	3,428	3,371	3,770	3,883	3,164	2,892	3,087	3,264	3,305	4,580	3,859	2,395
25/04/2016	2,007	1,339	1,183	1,937	2,528	2,516	2,239	3,164	4,138	4,487	3,536	2,529	2,824	3,087	3,231	2,975	3,015	3,344	3,221	4,381	4,956	5,137	4,380	3,422
26/04/2016	3,123	3,371	2,264	1,659	2,161	1,334	1,033	1,480	3,080	4,500	3,102	3,013	4,629	4,397	3,824	4,711	4,341	4,445	5,578	5,533	5,192	3,361	4,541	3,025
27/04/2016	2,591	1,286	1,950	3,296	3,048	0,920	0,958	1,153	3,190	4,736	3,686	3,047	3,559	3,213	4,081	4,511	5,026	4,732	4,856	5,279	5,466	4,687	4,829	4,646
28/04/2016	5,185	4,906	4,373	3,995	4,285	4,449	3,473	3,247	5,449	6,511	4,932	5,646	4,624	4,471	4,485	5,998	5,857	5,220	5,365	5,299	5,236	4,694	4,732	4,350
29/04/2016	3,988	2,474	2,698	2,862	3,490	3,123	2,875	3,275	2,520	2,210	2,118	2,543	2,025	1,881	2,650	1,744	1,076	1,402	1,880	2,325	2,358	1,774	1,631	2,351
30/04/2016	2,706	1,918	1,485	1,037	0,953	2,156	1,415	1,632	2,162	3,480	2,280	4,452	3,961	3,364	3,225	3,063	3,100	2,124	1,165	1,394	1,091	1,015	0,842	0,874
01/05/2016	0,777	1,497	1,722	1,996	1,970	2,043	1,497	2,247	3,210	4,913	6,182	6,218	6,816	6,953	6,956	5,617	4,680	3,371	3,780	1,789	1,268	0,894	1,303	2,065
02/05/2016	1,801	1,987	1,860	1,703	1,460	1,599	1,817	2,192	1,575	1,214	1,411	1,024	1,560	2,080	1,889	1,161	0,772	0,677	0,934	1,751	1,930	1,628	2,355	3,290
03/05/2016	3,714	4,082	4,321	2,759	2,954	3,364	2,900	3,055	2,814	2,272	1,970	2,212	2,124	1,999	1,641	1,756	1,555	1,145	2,514	2,073	2,608	3,229	3,721	3,189
04/05/2016	2,325	1,445	1,529	1,447	0,997	1,517	1,236	1,396	1,781	2,916	3,099	2,891	2,681	2,599	2,362	2,002	1,650	1,016	1,230	1,592	1,467	2,621	2,084	2,400
05/05/2016	2,146	2,255	1,328	0,869	1,156	0,909	2,127	1,906	0,759	1,008	2,745	2,501	2,716	1,810	2,144	1,949	1,387	0,509	1,340	2,142	2,364	2,272	2,735	2,831
06/05/2016	3,083	2,068	1,625	2,299	2,258	1,817	2,072	1,503	1,005	1,371	2,367	2,490	2,564	2,342	1,821	1,531	1,576	0,454	1,607	2,313	1,938	3,215	2,446	1,509
07/05/2016	1,984	2,391	1,346	1,554	0,932	1,568	2,041	1,446	0,778	1,451	1,062	1,185	1,341	1,950	2,285	2,172	1,400	0,564	1,340	2,272	1,871	2,341	2,452	2,207
08/05/2016	2,360	2,085	1,834	2,098	2,315	0,830	1,607	1,747	0,811	0,778	1,852	2,627	3,577	3,365	3,430	4,018	3,449	2,101	1,515	1,000	0,587	0,553	0,914	1,973
09/05/2016	1,044	1,487	1,843	1,118	1,622	2,209	1,201	0,863	1,150	1,268	1,562	1,699	1,710	2,619	3,585	4,551	5,923	4,812	5,700	6,176	6,108	5,452	5,342	4,488
10/05/2016	3,066	1,968	2,228	3,156	3,541	2,988	1,817	1,901	3,648	4,832	5,352	4,849	4,420	4,300	5,042	5,306	5,572	5,075	4,317	3,114	2,614	3,407	3,975	4,233
11/05/2016	3,691	4,960	4,374	3,085	2,015	3,123	1,538	2,308	4,585	4,729	4,300	4,535	3,818	3,901	5,117	5,181	5,158	5,250	5,361	5,319	3,990	3,929	3,942	2,946
12/05/2016	3,423	3,144	3,284	3,307	2,958	3,212	2,444	1,895	1,833	2,044	2,568	2,995	2,145	2,165	1,704	2,009	1,491	0,686	2,039	2,514	2,538	2,416	2,768	1,797
13/05/2016	2,119	1,276	1,958	1,597	2,230	1,950	1,870	1,729	1,070	1,728	2,481	2,986	2,800	2,604	2,812	2,090	1,722	0,830	0,638	2,089	1,814	1,966	2,437	2,366
14/05/2016	1,874	1,044	1,931	2,317	1,808	2,322	2,034	2,623	1,422	1,198	1,455	1,659	2,787	2,757	2,054	1,591	2,977	2,963	2,902	2,606	4,198	4,789	3,408	2,715
15/05/2016	3,201	2,738	2,035	2,743	2,442	0,769	0,561	0,815	0,756	0,902	1,886	2,847	2,558	2,959	2,148	1,387	1,672	1,515	2,299	2,595	2,581	2,199	2,250	2,780
16/05/2016	2,221	0,924	1,070	1,739	2,929	2,613	1,762	1,799	0,498	0,667	1,263	1,769	2,157	2,565	2,459	2,460	1,562	1,260	3,018	3,168	3,131	4,572	4,889	5,108
17/05/2016	5,059	4,685	4,430	3,627	3,176	2,117	2,765	2,948	2,795	3,573	2,566	2,285	1,409	1,483	1,395	1,962	1,344	2,779	3,345	3,055	2,958</			

Data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/06/2016	1,606	1,484	0,977	0,730	0,571	0,980	0,873	0,831	1,718	2,350	3,262	3,496	3,923	3,911	2,814	3,150	2,760	2,825	2,427	2,437	2,661	2,390	2,120	2,540
02/06/2016	2,600	2,185	2,440	2,165	2,671	2,145	2,257	2,325	2,287	2,478	3,660	3,549	4,219	5,095	4,853	4,227	3,642	3,320	2,424	2,856	3,499	4,192	4,292	4,237
03/06/2016	3,925	3,598	3,559	2,779	2,789	3,891	3,528	3,464	3,084	1,820	1,748	2,075	2,767	1,892	1,924	1,981	1,201	0,400	0,803	2,642	3,131	2,929	3,223	3,568
04/06/2016	3,875	3,754	3,384	2,680	2,893	1,523	1,197	1,705	1,069	0,845	1,211	2,276	3,707	3,523	3,100	2,608	1,848	0,588	1,848	3,112	3,173	2,751	2,504	2,196
05/06/2016	2,050	1,669	1,592	1,597	1,883	1,143	1,760	1,789	1,282	2,153	2,985	4,406	4,858	4,680	4,471	4,418	2,537	1,243	1,286	1,440	1,161	1,436	1,963	1,656
06/06/2016	1,746	1,282	0,772	1,169	1,609	1,585	1,780	1,415	1,592	1,076	1,830	2,043	1,426	1,425	0,938	2,248	4,100	3,320	2,940	1,604	1,402	1,401	1,139	1,237
07/06/2016	0,903	1,116	1,469	1,246	0,936	1,006	1,208	0,891	0,957	1,666	2,786	4,910	5,110	5,312	5,197	4,569	3,011	1,549	0,777	0,846	1,054	1,421	1,430	1,159
08/06/2016	1,962	1,333	1,029	1,303	1,469	1,688	0,851	1,192	0,931	3,819	5,403	6,553	6,520	6,206	7,146	5,337	3,712	2,569	2,294	1,602	1,687	1,731	1,054	1,027
09/06/2016	2,002	2,273	1,243	1,730	2,287	1,092	1,038	0,552	0,556	1,904	1,991	1,702	2,441	2,607	2,780	1,578	1,698	2,094	5,042	6,012	6,098	6,778	7,153	7,321
10/06/2016	6,166	5,568	5,978	5,070	3,352	3,840	5,686	5,201	5,173	5,004	4,961	4,579	4,751	6,130	5,780	7,088	7,133	5,999	6,719	6,757	6,696	6,221	5,697	4,348
11/06/2016	4,433	4,219	1,727	2,419	2,504	3,609	2,347	3,451	3,775	3,430	3,946	2,999	1,597	1,697	2,426	3,408	3,091	2,520	1,465	2,000	3,181	2,931	2,290	2,568
12/06/2016	2,403	2,139	2,427	2,468	2,406	2,584	3,048	3,723	3,499	2,506	2,465	4,350	4,464	3,774	2,494	2,979	2,351	2,809	2,163	1,310	0,900	0,981	0,849	0,961
13/06/2016	0,805	1,122	1,004	1,249	0,732	1,118	1,754	2,552	1,516	1,603	3,450	3,978	4,194	3,976	2,687	2,629	1,941	0,714	1,238	1,753	1,769	1,931	2,030	2,341
14/06/2016	2,334	1,661	1,285	1,579	1,928	1,542	1,846	1,495	1,354	3,311	3,657	4,487	3,774	2,767	2,593	2,375	2,323	1,320	1,150	1,998	2,350	2,982	3,169	2,589
15/06/2016	1,783	1,357	3,233	2,155	2,616	2,445	2,831	3,028	3,182	3,736	4,204	4,703	3,542	2,815	3,100	3,726	3,994	3,836	3,702	4,905	5,290	4,195	2,610	2,846
16/06/2016	4,212	2,347	2,802	2,194	2,665	3,143	3,145	2,260	1,959	1,600	1,246	1,739	2,272	2,537	2,258	2,346	1,851	0,847	1,438	1,870	2,247	2,271	2,271	2,846
17/06/2016	2,442	2,007	2,005	0,750	1,486	2,279	1,397	1,829	0,909	1,179	1,521	2,048	2,098	2,075	1,653	1,493	1,677	0,917	1,577	2,597	4,127	2,825	2,599	3,146
18/06/2016	3,179	2,898	1,807	1,744	1,692	1,353	1,069	2,068	1,411	0,725	1,453	1,929	2,065	3,102	3,630	4,606	3,636	4,905	5,537	4,745	6,177	5,331	5,123	4,099
19/06/2016	3,903	3,576	3,925	4,039	3,289	3,510	3,924	4,838	5,445	5,807	5,709	5,724	5,119	5,649	6,044	6,197	6,481	6,076	5,885	5,733	5,418	5,760	5,396	5,109
20/06/2016	5,256	4,442	3,892	3,237	2,174	1,930	1,986	1,939	2,955	3,624	2,706	2,007	2,148	1,553	2,358	3,698	3,220	3,510	4,581	4,555	4,874	4,550	3,869	3,676
21/06/2016	3,794	3,436	2,793	2,645	2,641	2,013	2,529	1,877	2,161	2,223	1,596	1,793	2,642	1,691	1,727	2,008	3,354	3,813	4,164	4,751	4,366	3,735	3,973	3,370
22/06/2016	2,883	3,275	3,503	3,423	3,378	2,431	1,233	2,302	2,636	2,256	2,138	2,819	2,783	2,849	2,630	2,130	1,325	0,983	1,439	2,824	2,592	2,322	1,342	1,409
23/06/2016	1,313	1,270	1,870	2,659	2,209	1,196	1,404	1,115	1,110	1,218	1,343	2,423	3,368	2,923	3,117	2,833	1,983	1,683	1,439	0,743	0,999	1,122	0,984	0,849
24/06/2016	1,073	1,013	1,147	1,724	1,635	0,818	1,943	1,605	1,432	1,025	2,179	2,464	2,273	2,175	2,514	1,593	1,377	0,604	0,908	1,673	2,346	2,614	1,673	2,237
25/06/2016	2,134	2,616	1,909	2,173	1,825	1,527	1,617	1,772	1,109	1,386	2,264	2,955	2,971	2,712	2,695	2,426	2,409	1,533	1,012	2,270	2,693	1,915	2,021	2,016
26/06/2016	2,376	1,483	1,250	1,154	2,079	2,731	2,488	1,805	0,752	0,715	1,507	2,728	4,023	4,091	3,578	3,601	2,328	1,267	1,417	2,166	2,082	1,580	2,953	2,389
27/06/2016	0,862	1,346	1,627	2,419	2,166	2,490	1,629	1,455	0,745	1,127	1,939	3,494	3,896	2,832	3,064	3,006	1,900	0,651	1,599	2,858	3,514	2,498	1,751	1,993
28/06/2016	1,181	0,928	2,330	1,201	0,669	2,243	1,709	1,932	1,656	0,941	2,626	4,227	4,090	3,824	3,874	3,259	2,434	1,753	1,840	0,914	1,554	1,647	1,114	1,879
29/06/2016	1,694	1,907	1,535	1,426	0,960	0,830	1,123	0,978	1,111	3,030	3,511	4,203	4,777	5,434	4,802	5,618	4,202	3,596	3,517	1,996	2,103	1,366	1,150	1,266
30/06/2016	1,373	0,871	1,677	3,595	2,924	2,001	2,514	1,867	1,700	2,335	3,156	3,737	4,397	4,875	5,716	5,514	3,896	2,785	2,268	2,272	1,131	0,839	1,652	1,898
01/07/2016	2,180	2,029	2,541	2,633	2,102	2,433	2,182	1,965	1,181	1,125	1,525	2,155	3,222	4,331	4,443	3,278	2,578	1,774	1,935	1,494	2,270	2,461	3,246	2,489
02/07/2016	1,977	2,073	2,274	2,311	2,366	1,442	1,676	2,276	1,495	0,691	2,033	2,836	3,090	3,342	4,136	3,347	2,658	2,234	2,135	2,151	2,282	1,515	2,613	2,305
03/07/2016	2,387	3,107	2,251	2,170	1,832	1,819	1,914	1,853	1,461	0,807	1,868	3,193	2,762	2,458	2,418	2,258	1,570	0,442	1,881	2,696	3,376	3,561	3,503	2,504
04/07/2016	2,072	1,154	2,033	3,336	1,990	2,126	2,413	1,474	1,519	0,751	1,442	1,965	1,971	2,095	2,110	1,322	1,520	0,606	1,996	3,138	2,692	3,328	3,255	2,158
05/07/2016	1,024	1,649	2,211	2,292	2,313	2,493	2,550	2,073	0,671	1,648	1,943	2,752	3,305	3,413	3,185	3,397	2,558	2,736	1,873	1,997	1,840	2,188	1,356	1,891
06/07/2016	1,935	1,658	2,413	2,660	1,489	2,430	1,425	2,444	2,511	3,191	4,807	5,815	4,889	4,913	5,330	4,962	2,784	1,775	1,462	1,248	1,612	0,900	0,465	0,993
07/07/2016	0,943	1,074	1,793	1,942	1,840	1,389	0,816	0,623	0,670	1,287	1,987	2,653	3,208	2,657	1,900	1,091	1,012	1,586	2,298	2,546	2,366	2,981	4,169	5,284
08/07/2016	5,889	5,698	3,840	3,734	5,512	5,666	5,407	4,732	3,744	3,554	2,642	3,337	3,992	4,229	4,128	4,569	4,440	3,707	4,511	5,008	4,459	4,023	4,521	5,060
09/07/2016	4,721	3,761	2,356	2,298	2,196	3,114	2,401	2,674	3,177	3,607	3,491	2,834	1,657	1,775	2,909	3,175	2,884	3,225	3,201	3,277	3,087	2,405	2,709	2,822
10/07/2016	2,008	2,122	2,309	1,326	0,678	0,786	0,557	1,268	1,701	2,106	1,953	1,509	1,729	2,597	4,525	4,124	3,056	4,923	4,931	4,038	3,358	4,108	4,043	3,106
11/07/2016	2,446	2,606	3,924	3,429	3,606	3,494	3,892	3,250	3,537	4,171	5,618	5,546	5,204	6,621	7,025	5,639	5,439	5,265	4,925	5,602	5,728	4,641	4,921	4,739
12/07/2016	3,310	2,158	1,362	1,943	2,205	1,599	2,106	1,226	3,002	4,199	3,871	3,258	2,709	2,696	5,112	5,601	5,223	4,479	3,912	3,513	3,618	3,331	3,377	3,484
13/07/2016	3,485	3,281	3,928	3,815	2,877	2,536	2,718	2,946	3,379	4,530	3,698	2,475	1,801	2,146	2,124	1,688	3,362	3,683	3,731	4,025	3,413	3,922	3,510	3,449
14/07/2016	3,354	2,864	3,159	3,120	3,172	2,901	3,302	3,256	3,702	3,445	2,459	1,986	1,818	2,243	1,818	1,865	1,874	3,169	3,025	3,653	3,331	3,875	3,089	3,314
15/07/2016	3,461	3,512	2,691	3,169	2,431	2,392	2,168	1,655	1,693	1,313	2,201	2,810	2,421	1,496	1,738	1,634	1,314	2,148	1,851	2,105	2,688	2,686	2,837	3,387
16/07/2016	3,507	3,643	3,004	2,223	1,456	1,452	1,470	1,037	1,042	0,976	1,646	1,938	2,840	3,351	2,186	1,959	1,228	1,597	1,697	2,449	2,623	3,153	2,782	1,271
17/07/2016	1,949	1,958	1,993	1,597	1,433	1,627	2,168	2,101	1,045	1,036	3,083	4,131	4,207	3,290	3,659	3,426	3,202	1,831	1,593	1,706	1,053</			