FRANCY MAYERLY SANCHEZ CRUZ

Metodologia de análise do potencial solar e eólico na zona urbana
apoiado em geoprocessamento – Caso USP Campus Butantã

São Paulo
2017

FRANCY MAYERLY SANCHEZ CRUZ

Metodologia de análise do potencial solar e eólico na zona urbana
apoiado em geoprocessamento – Caso USP Campus Butantã

Dissertação apresentada ao programa
de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo como parte
dos requisitos para obtenção do Título
de Mestre em Ciências no Programa
Engenharia Elétrica

Área de concentração:
Sistemas de Potência

Orientador: Prof. Livre-Docente
José Aquiles Baesso Grimoni

São Paulo
2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

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: _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Cruz, Francy

Metodologia de análise do potencial solar e eólico na zona urbana apoiado em geoprocessamento – Caso USP Campus Butantã / F. Cruz -- versão corr. -- São Paulo, 2017.

166 p.

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

1.Energia Solar 2.Energia Eólica 3.Sistemas Fotovoltáicos I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II.t.

Dedico este trabalho às três mulheres
mais batalhadoras, esforçadas
e que são exemplo a seguir na família:
minha mãe Yissela Sánchez Cruz,
minha avó Maria Farid Cruz e
minha tia Adriana Montero Cruz

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir existir e ser, pelo amor incomensurável e pela fortaleza e companhia todos os dias da minha vida.

À minha família especialmente minha avó Maria Farid Cruz e minha mãe Yissela Sánchez pelo amor, dedicação, apoio, cuidados, e por incentivar em mim a vontade de culminar meus planos sempre com sucesso. À minha tia Adriana Cruz por ser meu exemplo a seguir, por ajudar e incentivar em continuar meus estudos, pelo tempo dedicado e seu grande amor, ao meu tio Damian Sánchez por seu apoio, exemplo de vida e por seu apreço, ao meu tio Jairo Montero por ser meu irmão mais velho que sempre está cuidando e apoiando, ao meu tio Fernando Sánchez por sempre estar presente e por seu amor, e à minha Família em geral.

Ao professor José Aquiles Baesso, pela orientação, paciência e dedicação para culminar com sucesso este trabalho.

Ao professor Nakao, ao pessoal da Superintendência do Espaço Físico - SEF, especificamente ao pessoal encarregado do Sistema Atlas, pela colaboração com a informação geográfica, ao pessoal do Programa Permanente para o Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e Energéticos – PUERHE pela informação do consumo de energia na universidade.

À Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo – FUSP pelo apoio financeiro por meio da Bolsa durante dois anos, para conseguir desenvolver a pesquisa.

À Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia – FDTE pelo apoio financeiro por meio da Bolsa durante alguns meses, para terminar a pesquisa.

Aos meus amigos no Brasil: à tia Fatuma Odongo, ao tio Jorge Woidaleski e à Asifa por sua boa energia, por ser minha família adotiva, por torcer sempre por mim e pelo apoio incondicional. Ao Gabriel Frota pela amizade e em especial pela paciência, pela ajuda e pelos bons momentos compartilhados. Ao Juan Diego, Israel, Luis Marcos Nascimento, Rogério Silva e aos outros colegas tanto do ENERQ quanto do PUERHE, pelas dicas, sugestões, apoio na pesquisa e pelas risadas para relaxar quando era necessário.

Ao Santiago Moreno, por ser meu melhor amigo, pelos conselhos, motivação, apreço, apoio, e em especial por estar comigo ao longo de muitos anos sem importar a distância.

Aos meus amigos na Colômbia, especialmente Rebeca Morantes, Mayra Velasquez, Diana Fernandez, Angélica Romero, Viviana Gomez, Sandra Madrigal, Diana Sánchez, Jeniffer Soto, Yazmin Palacios, Maria Fernanda Tinjaca, Miguel Arias, Jorge Arevalo, Fernando Mora, Monica Moreno, Adriana Florez por suas sugestões, motivação, apoio, e em especial por sua amizade incondicional porque sempre estiveram presentes sem importar a distância para me dar forças nos momentos que precisei e a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

RESUMO

A geração de energia a partir de fontes renováveis tem apresentado um maior grau de relevância nos governos mundiais devido à crescente preocupação pelo meio ambiente e em especial pelos efeitos nocivos¹ que a utilização de combustíveis fósseis produz. No panorama brasileiro essa preocupação está presente, e uma das ações implementadas corresponde ao estabelecimento de políticas que favorecem à geração de energia limpa como o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA). Por essa razão, é muito importante estabelecer e analisar o potencial de geração mediante fontes renováveis como solar e eólica que são as fontes que tem aumentado sua inserção na matriz energética brasileira nos últimos anos, além de ter demonstrado sua viabilidade econômica e técnica na maioria dos projetos. Essa análise inicial de levantamento de potencial deve estar apoiada em tecnologias como as ferramentas de geoprocessamento, que permitem otimizar variáveis como os recursos, o tempo, entre outras, para ter uma primeira aproximação e avaliação da escolha de fonte energética que seja mais adequada no local ou seleção de locais ótimos para a geração por determinado tipo de fonte, além de outras aplicações em diversos estudos no setor energético. Este projeto de pesquisa pretendeu propor uma metodologia para realizar uma pre-avaliação do potencial de geração por fontes renováveis, levando em conta uma análise conjunta de critérios com relação à infraestrutura existente, o cálculo do recurso energético, e um componente ambiental apoiado no geoprocessamento. Foi aplicado num estudo de Caso no Campus Butantã da Universidade de São Paulo, para o potencial de geração de energia solar e eólica.

Palavras-chave: Fontes Renováveis. Geoprocessamento. Energia. Campus universitário

¹ Aquecimento por efeito estufa e mudanças climáticas, chuva ácida, poluição urbana do ar, desmatamento e desertificação, degradação marinha e de áreas costeiras, entre outros efeitos.

ABSTRACT

The generation of energy from renewable sources has shown a greater degree of relevance in the world governments due to the growing concern for the environment and especially the harmful effects that the use of fossil fuels produces. In the Brazilian scenario this concern is present, and one of the implemented actions corresponds to the establishment of policies that favor the generation of clean energy such as the Alternative Sources Incentive Program (PROINFA). For this reason, it is very important to establish and analyze the generation potential using renewable sources such as solar and wind, which are the sources that have increased their insertion in the Brazilian energy matrix in recent years, besides having demonstrated their economic and technical feasibility in most Projects. This initial analysis of potential survey should be supported by technologies such as geoprocessing tools, which allow optimizing variables such as resources, time, among others, to have a first approximation and evaluation of the choice of energy source that is more appropriate in the place Or selection of optimal locations for generation by a particular type of source, as well as other applications in several studies in the energy sector. This research project intends to propose a methodology to carry out a pre-evaluation of the potential of generation by renewable sources, taking into account a joint analysis of criteria regarding the existing infrastructure, the calculation of the energy resource, and an environmental component supported in geoprocessing. It was applied in a case study at the Butantã Campus of the University of São Paulo, for the potential of solar and wind power generation.

Keywords: Renewable Sources. Geoprocessing. Energy. Power. Sustainable campus

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Produção de eletricidade no Brasil e no mundo	18
Figura 1.2 - Capacidade Instalada por tipo de fonte até 31/12/2014	21
Figura 1.3 - Capacidade instalada pela origem da fonte.....	24
Figura 2.1 - Superposição no SIG.....	33
Figura 2.2 - Tela Inicial SIGEL.....	35
Figura 2.3 - Tela Inicial SINDAT	37
Figura 2.4 - Tela inicial do WebMap EPE	38
Figura 2.5 - Diagrama de Fluxo para calcular os pesos no AHP	41
Figura 2.6 - Modelo MODERGIS.....	47
Figura 2.7 - Modelo AHP para estabelecer prioridades de geração	48
Figura 2.8 - Diagrama utilizado para estabelecer locais adequados	48
Figura 3.1 - Principais Componentes de cada tipologia do Sistema Fotovoltaico	62
Figura 3.2 - Evolução da capacidade fotovoltaica acumulada	65
Figura 3.3 - Distribuição da capacidade instalada anual, por tipologia.....	66
Figura 3.4 - Localização Usinas Fotovoltaicas Existentes e Planejadas.....	67
Figura 3.5 - Irradiação Solar Global Horizontal, 1999-2013	68
Figura 3.6 - Irradiação Solar Normal Direta, 1999-2013	69
Figura 3.7 - Incidência Solar Global no Estado de São Paulo	70
Figura 4.1 - Componentes Turbina de Eixo Horizontal	71
Figura 4.2 - Tipos de rotores de aerogeradores	72
Figura 4.3 - Função de densidade de probabilidade da distribuição de Weibull.....	74
Figura 4.4 - Evolução da Potência Eólica Instalada no Mundo.....	76
Figura 4.5 - Evolução da Capacidade e do preço médio de contratação da Energia Eólica	77
Figura 4.6 - Potencial eólico e distribuição dos parques eólicos em operação no Brasil	78
Figura 4.7 - Localização Usinas Eólicas em operação e planejadas no Brasil	79
Figura 4.8 - Velocidade do vento média anual a 50 km	80
Figura 5.1 - Metodologia geral para estabelecer os locais de geração de energia renovável.....	84

Figura 6.1 - Localização Geral Área de Estudo	86
Figura 6.2 - Área de Estudo	87
Figura 6.3 - Tela Sistema Atlas Web	90
Figura 6.4 - Cálculo do potencial eólico do Site da CRESEB	94
Figura 6.5 - Frequência relativa eólica	95
Figura 6.6 - Distribuição da frequência acumulada e da duração	96
Figura 6.7 - Distribuição de Weibull e Rayleigh	97
Figura 6.8 - Especificações Turbina WRE	100
Figura 6.9 - Irradiação Global Horizontal Solar	103
Figura 6.10 - Irradiação Global Horizontal Solar	104
Figura 6.11 - Irradiação Solar no Plano Horizontal para São Paulo	105
Figura 6.12 - Irradiação Solar no Plano Inclinado para São Paulo	105
Figura 6.13 - Modelo Digital do Terreno da Cidade Universitária	106
Figura 6.14 - Modelo Desenhado e Geolocalizado no Google Sketchup	107
Figura 6.15 – Modelo Tridimensional Prédio EP Elétrica	107
Figura 6.16 - Verificação da orientação dos predios no Google Sketchup	108
Figura 6.17 – Modelo Tridimensional Prédio EP Elétrica	108
Figura 6.18 – Camadas Restrições Ambientais	114
Figura 6.19 – Aplicação dos critérios (Segundo as Restrições Ambientais)	115
Figura 6.20 – Área Disponível (Segundo Restrições Ambientais)	116
Figura 6.21 – Camadas Restrições Lugares de interesse e áreas de terceiros	117
Figura 6.22 – Aplicação dos critérios (Segundo as Restrições de infraestrutura)	119
Figura 6.23 – Área Disponível (Segundo Restrições de Infraestrutura)	120
Figura 6.24 - Mapa da rede elétrica atual da CUASO	121
Figura 6.25 – Número Turbinas Eólicas Estimadas para Instalação	123
Figura 6.26 – Número Turbinas Eólicas Estimadas para Instalação	124
Figura 6.27 - Plano Diretor CUASO 2013	125
Figura 6.28 – Áreas Disponíveis Sem Restrições	127
Figura 6.29 – Potencial Eólico – Estimativa da Energia Anual Gerada por prédio em kWh	128
Figura 6.30 – Potencial Solar – Estimativa da Energia Anual Gerada por prédio em kWh	129
Figura 6.31 - Consumo meio diario Prédio EP Elétrica em kWh	130

Figura 6.32 - Consumo Mensal Prédio EP Elétrica em kWh.....	131
Figura 6.33 - Gráfico do Consumo Total (kWh) por ano CUASO.....	133
Figura 6.34 - Histórico Consumo Total Anual CUASO	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Expansão da oferta de energia a Longo Prazo em MW, por Fonte de Geração.....	19
Tabela 1.2 - Matriz Elétrica Brasileira.....	22
Tabela 1.3 - Leilões de Energia Eólica	25
Tabela 2.1 - Software livre de geoprocessamento.....	42
Tabela 2.2 - Critérios e restrições para a energia solar	51
Tabela 2.3 - Definição dos limites para os critérios ou restrições da energia solar....	52
Tabela 2.4 - Critérios e restrições	56
Tabela 2.5 - Distancias a diferentes classes de solo.....	59
Tabela 2.6 - Relação de potência respeito a tensão de conexão.....	60
Tabela 6.1 - Camadas Geográficas Sistema Atlas	91
Tabela 6.2 - Cálculos frequência acumulada, e das distribuições Weibull e Rayleigh	95
Tabela 6.3 – Tipo de aerogeradores	97
Tabela 6.4 - Cálculo de Estimativa da Energia Gerada no ano	101
Tabela 6.5 - Valores típicos de refletividade de superfície	106
Tabela 6.6 - Estimativa Diária Média Mensal Anual (Plug-in SOLAR3DBR).....	109
Tabela 6.7 – Especificações Módulo	110
Tabela 6.8 – Critérios e restrições para a CUASO	112
Tabela 6.9 - Histórico de Unidades Consumidoras (UC) em kWh CUASO	132

LISTA DE ABREVIATURAS

AHP	Analytic Hierarchy Process – Processo de Análise Hierárquica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BDGD	Banco de Dados Geográfico da Distribuidora
BIG	Banco de Informações de Geração
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito
CSSL	Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido
CUASO	Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira
DSS	Sistema de Suporte a Decisões
ELECTRE	The Elimination and Choice Translating Reality – Eliminação e Escolha como Expressão da Realidade
EP	Escola Politécnica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FAUUSP	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
GLD	Gerenciamento pelo lado da Demanda
GLO	Gerenciamento pelo lado da Oferta
HAWT	Horizontal-Axis Wind Turbine – Turbina Eólica de Eixo Horizontal
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e prestação de Serviços
IRPJ	Imposto de Renda da Pessoa Jurídica
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
LABARQ	Laboratório de Informatização do Acervo
LER	Leilão de Energia de Reserva
LEN	Leilão de Energia Nova
LFA	Leilão de Fontes Alternativas

MAUT	Multi-attribute utility theory - Teoria da Utilidade Multiatributo
MCPSE	Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico
MCDM	Multi-criteria Decision Methods – Métodos de Decisão Multicritério
MODERGIS	Modelo de Energias Renováveis e GIS
MPPT	Rastreador do Ponto de Máxima Potência
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIR	Planejamento Integrado de Recursos
PIS	Programas de Integração Social
PNE	Plano Nacional de Energia 2030
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
PUERHE	Programa Permanente para o Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e Energéticos
PUSP - C	Prefeitura do Campus USP da Capital
REIDI	Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura
SEF	Superintendência do Espaço Físico
SGA	Superintendência de Gestão Ambiental
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIG-R	Sistema de Informação Geográfica Regulatório
SIGEL	Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico
SIN	Sistema Interligado Nacional
SINDAT	Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do SIN
SIGRADE	Sistema de Informações Geográficas para Gestão de Redes de Distribuição de Energia
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
UNESP	Universidade Estadual Paulista
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
Univesp	Universidade Virtual do Estado de São Paulo

USP Universidade de São Paulo

VAWT Vertical-Axis Wind Turbine - Turbina Eólica de Eixo Vertical

SUMARIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS.....	13
SUMARIO.....	16
1. INTRODUÇÃO	18
1.1 Objetivos	26
1.2 Estrutura do Trabalho	27
2. CONCEITOS CHAVE PARA A PESQUISA	29
2.1 Planejamento Energético	29
2.2 Geoprocessamento.....	32
2.2.1 Geoprocessamento no Setor Elétrico Brasileiro.....	33
2.3 Análise Multicritério	40
2.4 Software livre na área de Geoprocessamento	42
2.5 Aplicações Multicritério na análise de energia a partir de fontes renováveis.....	46
2.5.1 Priorização de decisões para desenvolvimento de energias renováveis.	46
2.6 Aplicações do SIG na análise de energia a partir de fontes renováveis.	49
2.7 Campi universitários sustentáveis.....	50
2.8 Critérios segundo a literatura para Energia Solar	51
2.9 Critérios Segundo a literatura para Energia Eólica	53
2.9.1 Uso do solo	57
2.9.2 Distância a rede elétrica.....	59
2.9.3 Distância a estradas.....	60
3. ANÁLISE DA ENERGIA SOLAR.....	62
3.1 Energia Solar no mundo e no Brasil	64
4. ANÁLISE DA ENERGIA EÓLICA.....	71
4.1 Energia Solar no mundo e no Brasil	75
5. METODOLOGIA	81
5.1 Estrutura da Metodologia para a Análise espacial	82
6. ESTUDO DE CASO.....	85
6.1 Descrição da Área de Estudo	85

SUMARIO

6.2 Campus Sustentável USP.....	88
6.3 Potencial Energia Eólica	93
6.4 Potencial Energia Solar.....	103
6.5 Restrições	112
6.5.1 Restrições Ambientais.....	113
6.5.2 Restrições de Infraestrutura	117
6.5.3 Restrições Técnicas.....	121
6.5.4 Restrições Urbanísticas	125
6.6 Análise do Consumo de Energia Elétrica.....	130
6.7 Análise de Resultados	134
7 CONCLUSÕES.....	135
7.1 Trabalhos Futuros	136
REFERÊNCIAS.....	137
Anexos	145
Anexo A. Relatório pvPlanner	145
Anexo B. Levantamento de Informações Geográficas.....	149
Anexo C. Análise das áreas e Cálculo da Energia Gerada.....	151
Anexo D. Consumo de Energia Elétrica do Prédio da Poli Elétrica.....	163

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui atualmente uma matriz elétrica considerada “limpa” pelos padrões internacionais, como pode ser observado na figura 1.1, isso decorre do uso intenso de recursos hidráulicos e do aproveitamento energético da biomassa, entre outras fontes renováveis. Considerando a perspectiva de maior uso da eletricidade, tendência que se verifica no mundo e especialmente no país, em face do estágio de desenvolvimento econômico, a manutenção dessa característica deve levar em conta a continuidade no aproveitamento do vasto recurso hidrelétrico ainda inexplorado e das outras fontes renováveis para o cenário de projeção do ano 2030.

Em contraposição no mundo a maior parte da produção de eletricidade é realizada mediante o recurso térmico do carvão, e do gás natural, levando em conta a geração por fontes renováveis em menor proporção e aumentando a projeção para o ano 2030.

Figura 1.1 - Produção de eletricidade no Brasil e no mundo

Fonte: (CRUZ, 2015, Adaptado, Tradução própria)

Com relação à expansão da oferta de energia por fonte no Brasil apresenta-se a tabela 1.1, onde se evidencia que para o horizonte definido no Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) está contemplada a geração de energia por fontes: hidrelétrica, gás natural, nuclear, carvão, pequenas centrais hidrelétricas (PCH), centrais eólicas, biomassa da cana e resíduos urbanos, mas não aparece um dado da estimação da geração pela fonte Solar.

Tabela 1.1 - Expansão da oferta de energia a Longo Prazo em MW, por Fonte de Geração

FONTE		CAPACIDADE INSTALADA EM		ACRÉSCIMO	
		2020	2030	2005-2030	2015-2030
Hidrelétricas	Grande porte	116.100	156.300	87.700	57.300
		116.100	156.300	87.700	57.300
Térmicas		26.897	39.897	22.945	15.500
	Gás Natural	14.035	21.035	12.300	8.000
	Nuclear	4.347	7.347	5.345	4.000
	Carvão	3.015	6.015	4.600	3.500
	Outras	5.500	5.500	700	
Alternativas		8.783	20.322	19.468	15.350
	PCH	3.330	7.769	7.000	6.000
	Centrais eólicas	2.282	4.682	4.653	3.300
	Biomassa da cana	2.971	6.571	6.515	4.750
	Resíduos urbanos	200	1.300	1.300	1.300
Importação		8.400	8.400	0	0
TOTAL		160.180	224.919	130.113	88.150

Fonte: (PNE 2030, 2006, Adaptado)

Destaca-se que no documento do PNE a geração pela fonte solar foi enunciada num item, mas não se estabelece um ano de ingresso na matriz energética, como também não é estimada uma possível produção de energia, mas foi ressaltado que essa fonte na data de geração do documento não era de competência no mercado pelo alto preço da tecnologia que implicava um alto preço de geração e por essa razão não seria contemplada nos leilões de compra e venda de energia.

Segundo o PNE 2030, foi considerado que o aproveitamento de energia solar fotovoltaica, interligada à rede, seria pequeno durante o maior período do horizonte

de planejamento. O motivo era o custo das células fotovoltaicas estimados para o referido período.

Especificamente no PNE se expressa que a energia solar fotovoltaica integrada à rede surgia como uma grande promessa para a geração distribuída. Um dos aspectos importantes era normalizar questões essenciais da geração distribuída, nos aspectos de qualidade, segurança e proteção. Mas a maior dificuldade ainda residia no custo das células. Considerava-se que a geração tornava-se competitiva a partir de US\$ 3.000/kW, tomando como base de comparação a tarifa de fornecimento. Nessa situação, o custo do módulo seria de US\$ 1,50/Wp, que a curva de aprendizagem sugeria possível atingir, nos Estados Unidos, somente ocorrerá após 2020. Nessas condições, considerou-se que o aproveitamento da energia solar fotovoltaica, integrada à rede, seria marginal no horizonte do PNE 2030.

Quanto à energia eólica o PNE 2030 destaca que o Brasil apresenta um grande potencial de energia eólica, especialmente na região Nordeste, além de ter-se trabalhado intensamente na criação de incentivos para a difusão dessa energia no país. Um grande incentivo dado às fontes alternativas de energia foi o PROINFA, criado pela Lei nº 10.438, de abril de 2002 que resultou de esforços da década de 90 direcionados para fontes alternativas, foi revisado em 2003, pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, e finalmente regulamentado pelo Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004. Os objetivos estratégicos do programa eram a diversificação da matriz energética brasileira, aumentando a segurança no abastecimento, redução dos gases de efeito estufa e valorização das características e potencialidades regionais e locais, com criação de empregos, capacitação e mão de obra.

O Programa é dividido em 2 etapas: a primeira para implementação de projetos em curto prazo e a segunda para implementação em longo prazo, cujo detalhamento está definido na lei. Em sua primeira fase o programa promoveu uma contratação de 3,3 GW em projetos de biomassa, PCH e eólica. A energia eólica ganhou um impulso na contratação de 1422 MW até 2008.

A segunda fase do PROINFA está determinada pela Lei nº 10.438/2002. Entretanto, devido ao estabelecimento de um novo marco regulatório para o setor elétrico brasileiro, esta fase subsequente não aconteceu no mesmo formato da primeira fase. A Lei nº 10.438/2002 determinava que, atingida a meta de 3.300 MW, o desenvolvimento do Programa seria realizado de forma que as fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa atendessem a 10% (dez por cento) do consumo anual de energia elétrica no País, objetivo a ser alcançado em até 20 (vinte) anos, aí incorporados o prazo e os resultados da primeira etapa. (BRASIL, 2002).

Desde o início do setor elétrico, o Brasil tem predominante geração de energia a partir da fonte hidrelétrica, levando à construção de projetos de grandes dimensões que envolvem aspectos socioambientais desde a concepção do empreendimento (SANCHEZ CRUZ, 2015).

A visão nos últimos anos da geração de energia no Brasil não tem sofrido mudança com relação à capacidade instalada devido a que continua em maior parte pela fonte hidrelétrica (62,8%), situação evidenciada na figura 1.2 que amostra a capacidade instalada por tipo de fonte².

Figura 1.2 - Capacidade Instalada por tipo de fonte até 31/12/2014

Fonte: (SANCHEZ CRUZ, 2015)

² CGH - Central Geradora Hidrelétrica, EOL - Usinas Eólicas, PCH - Pequenas Centrais Hidrelétricas, SOL - Central Geradora Solar Fotovoltaica, UHE - Usinas Hidrelétricas, UTE - Usinas Termelétricas, UTN - Usinas Termonucleares.

Para o mês de novembro de 2016, analisando a tabela 1.2 que corresponde à Matriz Elétrica Brasileira publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), segundo a capacidade instalada, a principal fonte de geração de energia continua sendo a hídrica por potencial hidráulico com um 61,337%, seguida do combustível fóssil por Gás natural com um 8,235%, em terceiro lugar biomassa por agroindustriais com um 6,947%, a energia eólica por cinética do vento aparece em quinto lugar com um 6,217% e a energia solar por radiação solar está no décimo primeiro lugar com um 0,014%.

Tabela 1.2 - Matriz Elétrica Brasileira

Fonte			Capacidade Instalada			Total		
Origem	Fonte Nível 1	Fonte Nível 2	Nº de Usinas	(kW)	%	Nº de Usinas	(kW)	%
Biomassa	Agroindustriais	Bagaço de Cana de Açúcar	398	10.856.256	6,8765	416	10.969.111	6,9480
		Biogás-AGR	3	1.822	0,0012			
		Capim Elefante	3	65.700	0,0416			
		Casca de Arroz	12	45.333	0,0287			
	Biocombustíveis líquidos	Etanol	1	320	0,0002	3	4.670	0,0030
		Óleos vegetais	2	4.350	0,0028			
	Floresta	Carvão Vegetal	8	54.097	0,0343	88	3.048.673	1,9311
		Gás de Alto Forno - Biomassa	11	332.265	0,2105			
		Lenha	2	14.650	0,0093			
		Licor Negro Resíduos Florestais	17	2.261.136	1,4322			
Eólica	Cinética do vento	Cinética do vento	402	9.815.360	6,2172	402	9.815.360	6,2172

Capítulo 1. INTRODUÇÃO

Fonte			Capacidade Instalada			Total		
Origem	Fonte Nível 1	Fonte Nível 2	Nº de Usinas	(kW)	%	Nº de Usinas	(kW)	%
Fóssil	Carvão mineral	Calor de Processo - CM	1	24.400	0,0155	23	3.612.995	2,2885
		Carvão Mineral	13	3.389.465	2,1469			
		Gás de Alto Forno - CM	9	199.130	0,1261			
	Gás natural	Calor de Processo - GN	1	40.000	0,0253	154	13.002.262	8,2358
		Gás Natural	153	12.962.262	8,2105			
	Outros Fósseis	Calor de Processo - OF	1	147.300	0,0933	1	147.300	0,0933
	Petróleo	Gás de Refinaria	7	339.960	0,2153	2227	10.139.680	6,4226
		Óleo Combustível	40	4.055.973	2,5691			
		Óleo Diesel	2163	4.787.819	3,0327			
		Outros Energéticos de Petróleo	17	955.928	0,6055			
Hídrica	Potencial hidráulico	Potencial hidráulico	1230	96.836.199	61,3374	1230	96.836.199	61,3374
Nuclear	Urânio	Urânio	2	1.990.000	1,2605	2	1.990.000	1,2605
Solar	Radiação solar	Radiação solar	42	23.008	0,0146	42	23.008	0,0146
Importação	Paraguai			5.650.000	3,5788		8.170.000	5,1750
	Argentina			2.250.000	1,4252			
	Venezuela			200.000	0,1267			
	Urugai			70.000	0,0443			
Total			4614	157.874.603	100	4.614	157.874.603	100

Fonte: (ANEEL, 2016, Adaptado)

Em resumo a energia hídrica, com origem na biomassa e nos combustíveis fósseis (Gás Natural) são as predominantes na geração de eletricidade, mas devido ao surgimento de políticas que incentivam à geração por fontes renováveis, energias

como eólica e solar têm aumentado consideravelmente como pode ser comprovado na figura 1.3.

Figura 1.3 - Capacidade instalada pela origem da fonte

Fonte: (ANEEL, 2016)

Segundo a nova posição mundial de preocupação pela geração de energia por meio de fontes que permitam diminuir os efeitos ambientais adversos de produção foi incentivado o aumento da incorporação das fontes renováveis.

Em 2013, o Ministério de Minas e Energia, através das Portarias nº 226/2013 e nº300/2013, incluiu a fonte solar (fotovoltaica) nos leilões de energia A-3/2013 e A-5/2013, respectivamente, abrindo a possibilidade de competir igualmente com outras fontes, como eólica e térmicas, na modalidade “por disponibilidade”. Apesar de grande interesse na participação do leilão, nenhum projeto fotovoltaico foi vendido nestes certames, por terem custos mais elevados. Em 2014, por sua vez, através da Portaria nº 236/2014, foram definidas as condições do Leilão de Energia Reserva 2014. Neste certame, os projetos fotovoltaicos não competiram com outras fontes, apenas entre si. Dessa forma, houve um número recorde de projetos fotovoltaicos cadastrados: 400, que totalizam mais de 10 GWp.

Com relação à energia eólica a partir do ano 2009 foi contratada com 1805,7 aos leilões de energia eólica. A partir de então, foram leiloados mais 10.433 MW de potência instalada até o presente ano de 2015, significando mais 4.923 MWmed de garantia física contratados pelos agentes do setor até 2019 (CCEE, 2015).

Considerando que no ano de 2013 a capacidade instalada nacional era de 126.742,77 MW para geração de energia elétrica e destes 1,7% advinha de fontes eólicas (2.027 MW) (EPE, 2014), é notório analisando a Tabela 1.3 que este número tende a aumentar consideravelmente nos próximos anos. Há uma expectativa que o montante de participação da energia eólica evolua para 12.238,85 MW em até 2018 (CCCE, 2015). Para uma fonte que possui 6,2% de participação na matriz elétrica, conforme mostrado anteriormente, este é um importante avanço para o fomento desta forma de geração.

Tabela 1.3 - Leilões de Energia Eólica³

Ano	Leilão	Potência Contratada (MW)	Ano disponível
2009	2° LER	1805,7	2012
2010	3° LER	528,2	2013
2011	12° LEN	1067,6	2014
2011	4° LER	861,1	2014
2011	13° LEN	976,5	2016
2012	15° LEN	281,9	2017
2013	5° LER	1505,2	2015
2013	18° LEN	2337,8	2018
2014	19° LEN	551	2017
2014	6° LER	769,1	2017
2014	20° LEN	925,95	2019
2015	3° LFA	90	2017
2015	22° LEN	538,8	2018

Fonte: (Elaboração própria, 2015)

Além disso, uma parte da população têm mostrado um grande interesse em adquirir equipamentos para geração de eletricidade na zona urbana por fontes de energia limpa como a solar devido à redução do custo das tecnologias para fabricar os painéis fotovoltaicos, além de redução no custo do consumo de energia elétrica por médio da geração distribuída, especificamente mediante incentivos como a compensação net metering que foi proposto pela ANEEL mediante a Resolução Normativa 482/2012 que estabelece que o cliente residencial vai pagar pelo consumo somente o valor da diferença entre a energia consumida da rede pública e

³ Leilão de Energia de Reserva (LER), Leilão de Energia Nova (LEN), Leilão de Fontes Alternativas (LFA)

o que foi gerado e injetado pelo cliente na rede, mais a incidência de impostos (PIS, COFINS e ICMS) sobre toda a energia consumida, a principal vantagem é que o cliente continuará conectado à rede elétrica, que lhe fornecerá energia quando não houver vento ou sol, além disso receberá uma compensação, em kWh, da distribuidora pela energia que gere, não consuma e injete na rede.

Seguindo essas posições, a Universidade de São Paulo estruturou o projeto de Gestão Ambiental com o fim de alcançar objetivos enquanto à sustentabilidade levando em conta aspectos fundamentais como redução de emissões, redução do Consumo de Energia e água, além de outros temas chaves.

Pelas razões anteriormente descritas surgiu a ideia de fazer este levantamento do potencial de geração que permita apoiar na tomada de decisões da USP, com relação ao aumento de instalações tanto de painéis fotovoltaicos quanto de turbinas eólicas para aproveitar os recursos renováveis disponíveis, auxiliando no suprimento da demanda de energia dos prédios da universidade.

1.1 Objetivos

Os objetivos propostos para desenvolver neste projeto de pesquisa são:

- Desenvolver uma metodologia para determinar a factibilidade de geração de energia renovável (solar e eólica) na zona urbana, apoiada no levantamento de recursos energéticos disponível, utilizando como ferramentas de tratamento e análise o geoprocessamento.
- Estabelecer e analisar as variáveis que influenciam na determinação dos locais propícios para geração de energia eólica e solar na zona urbana, aplicando esses critérios definidos no caso de estudo escolhido.

- Gerar mapas que apresentem a informação obtida dos objetivos anteriores, de forma a determinar as regiões mais favoráveis para geração de energia por fontes renováveis (solar e eólica) na zona urbana.

1.2 Estrutura do Trabalho

Este trabalho de pesquisa foi estruturado em sete capítulos, de forma a permitir uma sequencialidade no desenvolvimento do projeto, com o intuito de atingir os objetivos planejados, fazendo uma revisão bibliográfica dos estudos desenvolvidos com relação aos temas principais para chegar ao ponto de ter os elementos chave que são insumo para estabelecer a metodologia geral a seguir para ser aplicada no estudo de caso que corresponde à Cidade Universitária, Campus Butantã da Universidade de São Paulo.

No primeiro capítulo, efetua-se uma breve introdução para situar no começo da pesquisa, uma justificativa, os objetivos que foram definidos e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, o objetivo foi aprofundar em conceitos estratégicos para a pesquisa, e fazer uma revisão bibliográfica de trabalhos, teses, dissertações, artigos científicos em periódicos que permitissem ser uma base para esses conceitos fundamentais.

No terceiro capítulo, foram analisados conceitos chave da energia solar e o panorama do potencial no mundo e no Brasil.

No quarto capítulo, realizou-se uma análise da situação atual da energia eólica no Brasil e no mundo.

No quinto capítulo, é apresentada a metodologia da pesquisa e a metodologia geral para determinar os locais factíveis de geração numa área de estudo, levando em conta uma definição dos critérios ambientais, técnicos, de infraestrutura atual, e sua respectiva parametrização para realizar a análise articulada baseada na pesquisa bibliográfica.

No sexto capítulo, efetua-se a aplicação da metodologia no estudo de caso que corresponde ao campus Butantã da Universidade de São Paulo, analisando aspectos importantes como o plano diretor da universidade, o Sistema Atlas,

realizando os cálculos dos potenciais de geração de energia solar e eólica, além de uma análise da demanda e da infraestrutura atual, além disso, são analisados os resultados obtidos da implementação da metodologia.

No sétimo capítulo, são apresentadas as conclusões gerais e trabalhos futuros que poderão ser realizados a partir desta pesquisa.

2. CONCEITOS CHAVE PARA A PESQUISA

2.1 Planejamento Energético

O planejamento energético pode ser compreendido como uma ferramenta que facilita a tomada de decisões, por meio da avaliação do maior número possível de alternativas, que permitam avaliar cenários futuros. As principais características desse planejamento correspondem a:

- Previsões da demanda futura de eletricidade.
- Escolha de técnicas e tecnologias exequíveis de geração e transmissão, que melhor se adaptem às condições de operação futuras.
- Definição e determinação da estrutura geral do sistema, em todas suas dimensões. (MORALES UDAETA, 1997)

No planejamento do setor elétrico inicialmente encontra-se o planejamento determinativo, que utiliza uma metodologia reconhecida como eficiente e organizada, embora seja desenvolvida em um ambiente de decisões centralizadas e não abertas à participação de atores considerados externos ao processo, entre os quais se incluem os consumidores. (BELICO DOS REIS e SEMIDA, 2001)

Por outro lado, o Planejamento indicativo para a geração e a transmissão consiste em avaliar as mudanças da metodologia do planejamento determinativo ao novo cenário do setor elétrico, com entrada de novos empreendedores privados, abertura à economia de mercado e introdução da regulação por parte de agências reguladoras e comissões de serviços públicos.

O enfoque do planejamento no setor de energia elétrica evoluiu nos últimos tempos, passou de ser um pensamento voltado intrinsecamente à oferta para um pensamento direcionado aos intercâmbios de energia e usos finais.

Foi necessário desenvolver uma estratégia de expansão da oferta de energia elétrica dentro de um contexto amplo de desenvolvimento e troca continuada de informações entre os diversos setores produtivos da sociedade, para que o produtor possa planejar de forma eficiente o atendimento à demanda. (BELICO DOS REIS e SEMIDA, 2001)

No planejamento orientado ao uso final é aplicada a seguinte metodologia:

- Uma comparação racional e econômica das alternativas energéticas de produção e de uso (suprimento e demanda).
- Desenvolvimento de cenários combinando diferentes alternativas de fornecimento e eficiência na satisfação das necessidades de energia futuras.
- A avaliação de opções políticas para promover eficiência energética.
- A avaliação dos impactos ambientais das opções de suprimento e de consumo (Gerenciamento pelo Lado da Oferta – GLO e Gerenciamento pelo Lado da Demanda - GLD)

O processo de planejamento do setor elétrico brasileiro apresenta três etapas: o planejamento da expansão do sistema (Planejamento estratégico), o planejamento da expansão em curto prazo e a programação da operação do sistema (planejamento tático).

Uma das principais causas da difícil situação energética em que se encontra o Brasil é a falta de planejamento energético, há possibilidade dos problemas de fornecimento ou atendimento aumentarem caso não se tomem atitudes que levem em conta os potenciais do crescimento de oferta e de demanda. Para um planejamento efetivo, propõe-se o desenvolvimento de ferramentas computacionais para apoio ao planejamento energético que inclua um instrumento que referencie recursos energéticos geograficamente para a caracterização destes relacionados com a energia, fornecendo um panorama da situação atual o futura, um embasamento para atitudes não só corretivas, mas sim as preferencialmente preventivas. (RIBEIRO GALVÃO, BAESSO GRIMONI, *et al.*, 2003)

O sistema energético compreende um conjunto de atividades que podem ser divididas em três níveis: a) produção e conversão de fontes em vetores energéticos, b) armazenamento e distribuição dos vetores, e c) consumo final. Cada nível inclui uma complexa rede de atividades, com o objetivo de determinar o nível de potência a ser gerada, da fonte encontrada na natureza para entregá-la no ponto de consumo. (JANUZZI e SWISHER, 1997).

Tradicionalmente, a gestão de ativos é um conjunto de processos executados por diversos sistemas, geralmente com pouca ou nenhuma interação entre si. Isto implica uma multiplicidade de abordagens, de modelos, de bancos de dados e principalmente, uma farta replicação de dados, geralmente conflitantes, indicando a necessidade de uma abordagem mais holística, interativa, e normalizadora. (SCUSSEL, 2012).

Por isso, nasceu o conceito do Planejamento Integrado de Recursos (PIR) que pode ser entendido como o processo que efetua o exame de todas as opções possíveis e factíveis, no tempo e na geografia, para se responder à questão da energia, selecionando as alternativas que melhor possam garantir a sustentabilidade socioeconômica e ambiental do desenvolvimento. (BELICO DOS REIS e SEMIDA, 2001)

O objetivo principal do PIR corresponde a expandir o cenário de planejamento de forma a permitir uma avaliação das ações para o aumento da eficiência e da conservação da energia integrada com os projetos focalizados na oferta.

O PIR evoluiu inicialmente nos Estados Unidos, posteriormente no Canadá e em alguns países da Europa, principalmente a Alemanha e a Espanha. Aos poucos foi sendo aperfeiçoado a partir de sua caracterização inicial focalizada no planejamento ao custo mínimo, para involucrar ao usuário e fornecedores autônomos como agentes importantes no setor energético. Pode-se ainda citar a introdução da consideração dos riscos, da diversidade do suprimento e da inserção ambiental ocorrida na experiência dos Estados Unidos, a introdução da preocupação com o

desenvolvimento sustentável, no Canadá, a busca prioritária de reduções dos custos energéticos e impactos ambientais na Alemanha.

As tecnologias de planejamento energético, quando aplicadas na monitoração a expansão das redes, não têm conseguido acompanhar a velocidade com que o fenómeno se efetua. Por isso, novos métodos como o geoprocessamento, empregam tecnologias mais adequadas, para detectar em tempo quase real, a expansão urbana, as alterações elétricas, ambientais, etc, contribuindo no aumento da eficiência, a ação dos órgãos de planejamento.

Um dos fatores importantes é o crescimento populacional, geográfico e econômico das cidades, que exige um sistema capaz de prever e direcionar a expansão da malha elétrica, além de gerenciar a utilização dos seus recursos energéticos. Desta forma, a implantação do georreferenciamento e, especificamente dos Sistemas de Informações Geográficas no planejamento energético permite, que a população e o sistema elétrico utilize da melhor forma os recursos disponíveis.

2.2 Geoprocessamento

É costume dizer que geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas, para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos. (CÂMARA, *et al.*, 2001)

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema que captura, armazena, analisa, administra e apresenta dados que são associados a localizações. O SIG toma os valores da base de dados e coloca a informação em mapas, como camadas. A habilidade para separar informação em camadas e, para combinar estas com outras camadas de informação, é a razão pela qual SIG tem um grande potencial como ferramenta a ser utilizada em pesquisa e em tomada de decisões. (FOOTE e LYNCH, 2012)

Na figura 2.1 é representada a principal vantagem do SIG, que é organizar informações sobre uma determinada região ou cidade, como um conjunto de mapas,

com cada mapa exibindo informações sobre uma ou mais características desta região.

Figura 2.1 - Superposição no SIG

Fonte: (FOOTE e LYNCH, 2012, Adaptado, Tradução própria)

Utilizar um SIG implica escolher as representações computacionais mais adequadas para capturar a semântica de seu domínio de aplicação. Do ponto de vista da tecnologia, desenvolver um SIG significa oferecer o conjunto mais amplo possível de estruturas de dados e algoritmos, capazes de representar a grande diversidade de concepções do espaço. (CÂMARA, *et al.*, 2001)

2.2.1 Geoprocessamento no Setor Elétrico Brasileiro

Seguindo esta tendência, a ANEEL abriu a Consulta Pública n. 002/2012, até 5 de março, para aprimorar progressivamente o uso dos SIG na regulação e fiscalização dos serviços sob sua competência.

Ao instituir o Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico (MCPSE) Resolução Normativa 367/09, que impõe nova sistemática de controle dos ativos de rede, imobilizados em serviço; e o Banco de Dados Geográfico da Distribuidora (BDGD),

instituído na Revisão dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) Resolução Normativa 395/09, que obriga às concessionárias de distribuição a fornecer anualmente o cadastro georreferenciado completo das linhas e redes de distribuição. Os sistemas de informação geográfica e o georreferenciamento passam a ser uma realidade a ser aperfeiçoada.

Conforme definido no módulo 6, o BDGD (Banco de Dados Geográfico da Distribuidora) deve ser enviado anualmente pelas distribuidoras à ANEEL, até 31 de janeiro de cada ano, com os dados referenciados em 31 de dezembro do ano anterior. Importante lembrar que existe, na Agenda Regulatória indicativa da ANEEL para o Biênio 2012-2013, a realização da atividade “Revisar a regulamentação sobre Sistema de Informação Geográfica Regulatório (SIG-R) (Módulos 2 e 6 dos PRODIST)”. Estas informações são aproveitadas pelas mesmas concessionárias nas projeções da demanda e nas suas consequentes modificações do sistema. Exemplos são as aplicações de gerenciamento da rede de energia elétrica, da Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) e da AES Eletropaulo - Sistema de Informações Geográficas para Gestão de Redes de Distribuição de Energia (SIGRADE).

Dentro dos sistemas de informação geográfica do Setor elétrico destacam-se: O Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (SIGEL), o Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do Sistema Interligado Nacional (SINDAT) e o WebMap EPE.

O SIGEL foi concebido pela ANEEL com a expectativa de tornar-se um instrumento de referência na busca de informações consistentes, de caráter geral, relativas às atividades fins do setor, tornando disponível, consolidados em um mesmo ambiente computacional, dados e informações disseminadas em vários subsistemas isolados de interesse corporativo, desenvolvidos interna ou externamente. (ANEEL, 2010)

Na figura 2.2 é apresentada a tela inicial do SIGEL. Este SIG permite funcionalidades de seleção de camadas, adição de serviços web, zoom, impressão, busca por coordenadas, medições, download dos dados, entre outras.

Figura 2.2 - Tela Inicial SIGEL

Fonte: (ANEEL, 2015)

Por outro lado, o SINDAT disponibiliza informações relevantes do Sistema Interligado Nacional (SIN), integrando num mesmo ambiente mapas digitais, formados por dados gráficos vetoriais, com dados alfanuméricos da Base de Dados Técnica. (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2014)

A partir do ano 2015 foi realizado um ajuste no SINDAT permitindo mais funcionalidades como é apresentado na figura 2.3, dentro de essas funcionalidades estão: zoom, medições, informação sobre os dados da tabela de atributos, ativar ou desativar camadas.

No ano 2009 a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), como faz com seus planos anuais e com os dados mensais do consumo de energia, disponibilizou um produto para ajudar a conhecer melhor o mapa da energia do Brasil, com toda a sua diversidade, inovação e robustez. Batizado de WEBMAP EPE, essa ferramenta permite aos usuários fazerem consultas, medições, visualizações e zooms a partir de uma base de dados georreferenciados, que são utilizados nos estudos do planejamento do setor energético nacional.

Com o WEBMAP EPE é possível localizar as usinas hidrelétricas, eólicas, solares; as linhas de transmissão; os campos de petróleo, de gás; termelétricas, subestações de energia e unidades de biocombustíveis espalhadas pelo território nacional. Além disso, o usuário pode relacionar essas informações com temas transversais como o Meio Ambiente, especialmente em relação a áreas protegidas, constituídas por unidades de conservação, terras indígenas ou quilombolas. Na figura 2.4 é apresentada a tela inicial do aplicativo.

Figura 2.3 - Tela Inicial SINDAT

Fonte: (ONS, 2015)

Figura 2.4 - Tela inicial do WebMap EPE

Fonte: (EPE, 2015)

O sistema de análise energética é um exemplo de ferramenta de análise e processamento de dados, que utiliza o SIG para manipular e visualizar dados orientados ao planejamento energético e à tomada de decisões. (MORALES UDAETA, *et al.*, 2004)

Cabe ressaltar a importância da utilização dos Sistemas de Informação Geográfica e o georreferenciamento no sistema elétrico. A administração dos ativos das concessionárias de energia e os recursos energéticos, de preferência renováveis serão elementos de alto impacto no atual fornecimento de energia, como no planejamento energético futuro.

O potencial eólico e solar não é espacialmente homogêneo, assim, necessita-se que sejam utilizadas tecnologias que relacionem os fatores ambientais e infraestruturais, por meio de análises espaciais. O cruzamento de informações e a interpretação dos mapas é facilitada pelo uso de ferramentas de SIG. Conforme Fitz (2008), “pode-se considerar o geoprocessamento como uma tecnologia, ou mesmo um conjunto de tecnologias, que possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados”. Segundo Moreira (2001), os dados cartográficos, fotografias aéreas, imagens de satélite e mapas temáticos são armazenados no banco de dados geográfico em duas grandes classes, a matricial (raster) e a vetorial (shapefile). Na representação matricial, o espaço é representado por uma matriz composta por linhas e colunas. Cada célula possui um número de linha e de coluna apropriado, além de um valor Z correspondente ao atributo investigado (MOREIRA, 2001). Na representação vetorial, a localização e a aparência gráfica de cada objeto são representadas por um ou mais pares de coordenadas sendo estes pontos, linhas, áreas ou polígonos (MOREIRA, 2001).

Através do geoprocessamento, o uso desses tipos de dados auxilia nos estudos como: Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental e Mapeamento Temático. O conjunto de dados, softwares, operador e metodologias compatíveis com a finalidade do projeto são denominadas de Sistema de Informações Geográficas - SIG (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Um SIG pode ser entendido, então, como uma reunião de sistemas associados, constituídos de

módulos que podem ser independentes ou não. Por isso vários softwares vêm com módulos separados, cabendo ao usuário escolher quais deve utilizar para atingir seu objetivo (FITZ, 2008). Câmara e Ortiz (1998) dizem que a distância entre o uso do software e um resultado operacional é muito grande, pois envolve aspectos como a geração de dados geográficos, disponibilidade de metodologias de trabalho adequadas e mecanismos de divulgação dos resultados obtidos. Assim, a escolha de um software adequado é de extrema importância.

2.3 Análise Multicritério

A tomada de decisão para produzir energias por meio de fontes renováveis pode ser visto como um problema de múltiplos critérios, correlacionados com alternativas. Esta tarefa deve levar em consideração vários aspectos como o complexo componente social, tecnológico, fatores ambientais e econômicos. (ABU-TAHA, 2011)

Os Métodos de Decisão Multicritério (MCDM) são considerados como uma ferramenta, que é capaz de lidar e unir uma vasta gama de variáveis avaliadas de diferentes maneiras, assim, oferece apoio ao tomador de decisão, no mapeamento do problema.

Os principais métodos de MCDM utilizados são: Processo de análise hierárquica (AHP), Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE), Eliminação e Escolha como Expressão da Realidade (ELECTRE), Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT), Métodos Fuzzy e Sistema de suporte a Decisões (DSS).

O método mais utilizado é o AHP. O Processo de Análise Hierárquica foi desenvolvido por Thomas L. Saaty em 1980, desenhado para resolver problemas complexos de critérios múltiplos. (TOSKANO HURTADO, 2005)

Os princípios utilizados em AHP para resolver problemas são as construções de hierarquias. A hierarquia permite a avaliação da contribuição individual dos critérios,

para estabelecer os níveis mais altos e mais baixos para a hierarquia. A força do enfoque do AHP está baseada em romper o complexo problema de tomar decisões de uma forma lógica, em pequenos, mas relacionados subproblemas em forma de níveis de uma hierarquia. A estrutura hierárquica do modelo AHP permite tomar decisões (TD) para comparar os diferentes critérios de priorização e as alternativas com maior eficácia. (RUMBAYAN e NAGASAKA, 2012)

O processo para determinar os pesos na análise hierárquica, definido por (IDRIS e LATIF, 2012), é resumido na figura 2.5

Figura 2.5 - Diagrama de Fluxo para calcular os pesos no AHP

Fonte: (IDRIS e LATIF, 2012, Adaptado, Tradução própria)

2.4 Software livre na área de Geoprocessamento

O software livre é aquele em que o autor permite aos seus usuários quatro direitos ou liberdades: a liberdade de executar o programa a qualquer propósito; a liberdade para estudar o programa e adaptá-lo as suas necessidades; a liberdade de distribuir cópias de modo que auxilie a terceiros; a liberdade de aperfeiçoar o programa e divulgar para o público (FALCÃO, *et al.*, 2005)

Na Tabela 2.1, são destacados os principais softwares livres, na área de geoprocessamento, com as características mais relevantes, como são: uso, destaque e restrições. Destaca-se o SPRING por ser desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e o QGIS, estes software são muito utilizados para realizar análise espacial. Outro dos softwares livres que tem seu uso aumentado é o gvSIG Desktop, que permite a liberdade para uso, distribuição, estudo e aprimoramento, além da facilidade de uso. Atualmente é utilizado por milhares de usuarios no mundo todo. (GVSIG ASSOCIATION, 2009)

Tabela 2.1 - Software livre de geoprocessamento

Progra ma	Ver- são	Uso	Sistema Opera- cional	Descrição	Destaque	Restrição
SPRING	4.1	SIG	L,W ⁴	Software nacional desenvolvido pelo INPE com funções completas de geoprocessamento. Não pode ser considerado a rigor como um software livre, uma vez que o código	- funções de digitalização, análise espacial e processamento de imagens	- utiliza banco de dados próprio -interface pouco intuitiva

⁴ L-Linux, W-Windows

Capítulo 2. CONCEITOS CHAVE PARA A PESQUISA

Progra ma	Ver- são	Uso	Sistema Opera- cional	Descrição	Destaque	Restrição
				fonte não está disponível, mas foi incluído por ser gratuito e ter um extenso parque instalado no Brasil e exterior.		
Qgis	0.5	visualizad or editor	L,W	Visualizad or com vários plugins que adicionam funcionalid ades específicas como acesso a dados de GPS, exportaçã o para banco de dados PostGis, conexão com GRASS, etc. A conexão com o software GRASS possibilita seu uso como substituto da interface gráfica original.	-conexão com o PostGis -criação e digitalizaç ão de dados vetoriais -conexão com GRASS - manipulaç ão da legenda dos temas	-não possui boa impressão de mapas -poucas opções de exportação/ importação de dados
Udig	0.6.0	visualizad or editor	L,W	Visualizad or e editor de dados com ênfase no uso de	-opções de importaçã o de dados	-poucas opções de definição da legenda -não possui

Progra ma	Ver- são	Uso	Sistema Opera- cional	Descrição	Destaque	Restrição
				padrões abertos de acesso, como web services. Possui uma boa interface gráfica, com módulo específico para geração de mapas. Importa dados de vários formatos, incluindo bancos de dados Oracle e PostGis.	-sistema de organização de projetos e mapas -acesso a web services	funções de análise espacial
Saga	1.1	SIG	W	Sistema com muitas funcionalidades incluindo edição de dados, análise espacial, elaboração de gráficos, elaboração de layout para impressão, visualização em 3d, etc. Permite a criação de módulos de análise espacial e seu compartilhamento entre	-análise de dados raster -interface gráfica -edição de dados -visualização dos dados	-deficiências no módulo de criação de layout -não se conecta com PostGis ou outro banco de dados -não roda em Linux

Capítulo 2. CONCEITOS CHAVE PARA A PESQUISA

Progra ma	Ver- são	Uso	Sistema Opera- cional	Descrição	Destaque	Restrição
				usuários.		
TerraVie w	3.0	visualizad or	L,W	Visualizad or completo desenvolvi do pelo INPE tendo como base a biblioteca TerraLib. Possuí funções de análise espacial, consulta, importaçã o de dados, etc.	-criação de legenda -análise espacial -consulta espacial	-ausência de módulo de impressão -utiliza um banco de dados próprio, exigindo a importação dos dados vetoriais.
Grass	5.x	SIG	L,W	É um sistema completo para processam ento incluindo dados vetoriais e raster.	- análise espacial - digitalizaç ão - edição de topologia	- interface pouco amigável - banco de dados próprio

Fonte: (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, Adaptado)

Depois de realizar uma pesquisa exaustiva foi encontrada uma ampla quantidade de artigos, que apresentam experiências que aportaram elementos altamente representativos a este projeto de pesquisa, entre eles encontram-se as aplicações de análise multicritério e ferramentas de geoprocessamento, como o SIG na área de geração de energia. Em algumas experiências são comparados dois métodos de decisão multicritério e redução de análise, por exemplo, análise de um aspecto só como o econômico (XIANPING e LIAO, 2010), ou somente dois aspectos como o meio ambiente e o econômico, cada MCDM é criado particularmente para um problema em específico e não são aplicados para outros problemas (BARIN, *et al.*, 2009). Outro aspecto fundamental é o conceito de campus sustentável e sua aplicação nas universidades.

A literatura mais representativa que serviu como o ponto de partida é classificada nos seguintes itens.

2.5 Aplicações Multicritério na análise de energia a partir de fontes renováveis.

Adotar fontes alternativas como fontes de geração é um processo de decisão multidimensional, que envolve uma série de características diferentes, em diferentes níveis como: económico, técnico, social e ambiental (ABU-TAHA, 2011).

Em alguns estudos são contemplados indicadores para avaliar a sustentabilidade⁵ dos sistemas a partir de fontes renováveis, nos quais são mais utilizados os métodos de processo de análise hierárquica e de lógica *fuzzy*, para otimizar os sistemas e facilitar a tomada de decisões (LIU, *et al.*, 2010).

2.5.1 Priorização de decisões para desenvolvimento de energias renováveis.

Com relação às experiências internacionais pesquisadas, ressalta-se que para esses estudos foram levados em conta aspectos mais completos, que servem de apoio para definir o planejamento energético para geração por fonte solar fotovoltaica e eólica. Entre esses aspectos estão: potencial técnico, restrições ambientais, e incentivos para o investimento. (YUE e GWO-LIANG, 2007)

Outra aplicação que foi estudada corresponde ao MODERGIS, que integra o potencial das energias renováveis com a demanda projetada por meio de diferentes cenários energéticos, tendo como base o plano energético, na figura 2.6 é apresentada a conceptualização do MODERGIS. O estudo de caso foi definido na Colômbia. (QUIJANO, BOTERO e DOMINGUEZ, 2012)

⁵ Analisando os três aspectos fundamentais: económico, social e meio ambiente.

Figura 2.6 - Modelo MODERGIS

Fonte: (QUIJANO, BOTERO e DOMINGUEZ, 2012, Tradução própria)

Outro ponto de partida corresponde às variáveis definidas para realizar a análise do local, onde estas variáveis correspondem a: topografia, composição do solo / terra e vento. Uma análise mais aprofundada pode existir para pesquisar restrições na escolha do local, através da aplicação de camadas de restrição, incluindo unidades de conservação, sítios históricos, etc. (HALLAM, *et al.*, 2012)

Cabe destacar, outro estudo que aporta bastante com relação à metodologia utilizada para estabelecer prioridades de geração por meio do modelo AHP definido na figura 2.7 e leva em conta os potenciais teóricos das fontes renováveis solar, eólica e geotérmica; além do diagrama utilizado para levar a cabo o geoprocessamento da informação, mostrado na figura 2.8.

Figura 2.7 - Modelo AHP para estabelecer prioridades de geração

Fonte: (RUMBAYAN e NAGASAKA, 2012, Tradução própria)

Figura 2.8 - Diagrama utilizado para estabelecer locais adequados

Fonte: (RUMBAYAN e NAGASAKA, 2012, Adaptado, Tradução própria)

2.6 Aplicações do SIG na análise de energia a partir de fontes renováveis.

Grande parte dos projetos desenvolvidos em SIG visam combinar dados espaciais, para descrever e analisar interações e fazer previsões através de modelos, que sirvam de subsídios para as decisões tomadas por especialistas (MOREIRA et. al., 2001). Esses modelos em geral são produzidos a partir de método de análise multicritério, a qual pode ser aplicada segundo diferentes abordagens, dentre elas, a inferência Booleana, a média ponderada e a inferência *Fuzzy*.

Neste item destacam-se trabalhos realizados no Japão, na China e na Áustria onde foram utilizadas diferentes ferramentas SIG, como *ArcGIS*, *GRASS*, etc. Nessas pesquisas é analisada a eficácia do uso de energias renováveis, mediante a definição de critérios, de forma que o modelo SIG desenvolvido tivesse como resultado os fundamentos necessários para otimizar os recursos que existem nas áreas de estudo.

No caso do Japão foram realizados três processos de Geoprocessamento: no primeiro foram simulados dados meteorológicos; no segundo foram identificadas áreas potenciais de geração, mediante critérios definidos, que foram baseados nas condições meteorológicas, geográficas e restrições ambientais; no terceiro processo foi calculada a geração de energia anual, com base na simulação de parâmetros meteorológicos. (WAKAYAMA e EHARA, 2010).

Com relação à experiência chinesa foram desenvolvidos modelos SIG para determinar potências de energia eólica e solar e procurar os locais mais adequados para construir as usinas, segundo critérios de topografia, distribuição da energia eólica e da radiação solar. (HE, 2014)

No trabalho desenvolvido na Áustria, foram contemplados cenários criados por meio do software *TIMES*, que permitiu o cálculo do potencial de geração segundo a fonte renovável utilizada para suprir a demanda energética no mundo, levando em conta produtos, processos e fluxo de processos (BIBERACHER, 2008).

Após de realizar a revisão da literatura encontrou-se que não tem sido desenvolvidos projetos de pesquisa com ferramentas livres de geoprocessamento aplicadas, especificamente na seleção de locais de geração de energia por tipo de fonte renovável no Brasil. Por outro lado, as experiências internacionais são de muita ajuda porque apresentam a análise da seleção de variáveis com maior influência que permite definir o potencial por tipo fonte; além de modelos de geoprocessamento, que permitem ter um ponto de partida para ser aplicado neste projeto de pesquisa.

2.7 Campi universitários sustentáveis

Um campus universitário sustentável é caracterizado por planejamento e gestão compartilhados com atores e agentes sociais, para melhoria e consolidação da qualidade de vida dos seus usuários.

O uso do campus pode ser promovido como um laboratório experimental e como modelo de desenvolvimento sustentável para as comunidades exteriores ao campus, servindo assim de exemplo de boas práticas e comportamentos ambientais. Além disso, é possível idealizar e realizar um espaço adequado para a construção do conhecimento, para o fortalecimento das relações interpessoais, tornando-se um centro de referência para uma nova relação da sociedade com o meio ambiente. (LAHAISE e POZZEBON, 2010).

Um dos exemplos mundiais é o EUREF que é um campus da Universidade Técnica de Berlim, que é um símbolo da transformação energética. É base de empresas que trabalham com energia, sustentabilidade e mobilidade. O Campus produz energia limpa, que é utilizada para recarregar baterias de carros elétricos, e a carga em excesso pode ser vendida para a administradora do sistema elétrico da cidade.

2.8 Critérios segundo a literatura para Energia Solar

O planejamento de geração por energia solar requer informações sobre a demanda de energia elétrica e sobre as capacidades de geração. As metodologias para o planejamento energético tratam de modelos de consumo de energia e da contribuição dos sistemas solares para satisfazer essa demanda. Entretanto, a estrutura construída não foi modelada em detalhes, ou foi feita através do uso de dados estatísticos, ou mapas 2D obtidos a partir da análise de imagens. Conseqüentemente, a irradiação solar recebida no telhado não foi estimada com muita precisão.

No que diz respeito às capacidades de geração dos sistemas solares, é importante ressaltar que, para adotar tecnologias solares, informações detalhadas da adequação solar em cada edifício em uma comunidade devem estar disponíveis para os planejadores urbanos. Identificar os edifícios que são adequados para a instalação de painéis solares requer modelagem do ambiente construído, da irradiação solar e da área disponível nos telhados para a instalação dos painéis.

Na tabela 2.2 é apresentado um sumário dos critérios encontrados nos estudos analisados, especificando o estudo onde foi definido um limite (limite), como não inserido (x) ou não é um critério definido – sem limite (n.c.).

Tabela 2.2 - Critérios e restrições para a energia solar

Tipo Restrição	Tópico	Item	Camada / Variável	Charabi and Gastli (2011)	Yonca et al. (2013)	Byrne et al. (2015)	Freitas et al. (2015)
Ambiental	Uso do solo	Corpos de agua	Corpos de agua	n.c.	limite	x	x
		Distância a ambientes naturais, reservas, etc.	Reservas naturais, Bosques, áreas ecológicas	n.c.	limite	x	x
		Habitat de aves	Habitat de aves	x	limite	x	x
		Pantanal	Pantanal	x	limite	x	x
Condição Solo	Elevação	Elevação	Elevação	n.c.	x	x	x
	Inclinação do terreno	Inclinação do terreno	Inclinação do terreno	n.c.	limite	x	n.c.

Capítulo 2. CONCEITOS CHAVE PARA A PESQUISA

Tipo Restrição	Tópico	Item	Camada / Variável	Charabi and Gastli (2011)	Yonca et al. (2013)	Byrne et al. (2015)	Freitas et al. (2015)
	terreno						
Infraestrutura	Distância a estradas	Distância a estradas	Estradas	n.c.	x	x	x
	Uso do solo	Distância a aeroportos	Aeroportos	x	limite	x	x
		Distância a áreas urbanas	Áreas urbanas	n.c.	limite	x	n.c.
		Distância a lugares de interesse, etc.	Lugares de interesse	n.c.	x	x	x
Técnica	Distância à rede elétrica	Distância à rede elétrica	Rede Elétrica	n.c.	limite	x	x
	Potencial solar	Potencial energia solar	Energia gerada	n.c.	limite	n.c.	x

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Em resumo os critérios definidos para selecionar os locais ótimos para geração de energia solar são apresentados na tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Definição dos limites para os critérios ou restrições da energia solar

Item	Critério
Aceitável em termos de reservas naturais	Somente as construções de interesse público são permitidas se as atividades forem altamente necessárias para construir em áreas florestais
	Somente as construções que são compatíveis com a natureza são permitidas. As estruturas que têm impactos adversos no habitat não podem ser construídas
Aceitável em termos de áreas agrícolas	A área agrícola deve ser protegida para sustentar as funções naturais da terra
	As terras cultiváveis podem ser danificadas por instalações de grande escala, portanto, devem ser protegidas
Aceitável em termos de segurança de voos	A distância mínima para os aeroportos é de 3000 m a distância máxima para os aeroportos é de 6000 m
Aceitável em termos de corpos de água e pantanais	Pelo menos 2,5 km de zona de influência para proteger as características ecológicas e topográficas
Aceitável em termos do litoral ou rio	A distância mínima é de 100 m do litoral
Potencial suficiente para geração de energia solar	O valor mínimo da radiação solar é de 4,5 kWh/m ² dia
Inclinação aceitável	Inclinação até 3%
	Menos de 3%

Item	Critério
Aproximação aceitável às linhas de transmissão	Para sistemas conectados à rede, a distância para a linha de transmissão deve ser até 0,5 milhas.
Aproximação aceitável às áreas urbanas	A distância mínima para as áreas urbanas deve ser de 5 km. A distância máxima para áreas urbanas deve ser de 10 km
	As usinas de produção elétrica precisam estar localizadas perto da área urbana para evitar a perda de transmissão
	Seleção adequada do local e projeto de grandes instalações fotovoltaicas devido ao impacto visual

Fonte: (Yonca et al., 2013, Adaptado, Tradução própria)

2.9 Critérios Segundo a literatura para Energia Eólica

A escolha do local onde será implantada uma turbina ou parque eólico é um componente básico na avaliação técnico e económica do projeto. Geralmente, esta escolha costuma ser o segundo componente com maior custo após o equipamento elétrico (aerogerador).

A localização de parques eólicos é um problema de decisão espacial bastante complexo, pois envolve vários agentes com objetivos distintos, e muitas vezes conflitantes, além de estar sujeito a diversas restrições de caráter técnico e ambiental.

Até nossos dias, isso não tem se considerado adequadamente, a localização e empreendimentos eólicos na literatura, portanto a seguir é apresentada uma revisão bibliográfica de algumas das mais significativas literaturas sobre o tema, com o intuito de identificar critérios chaves no problema.

Baban e Parry (2001) realizaram um questionário com órgãos públicos e empresas eólicas do Reino Unido, para determinar critérios pertinentes, na avaliação de potenciais locais para implantação de parques eólicos.

Eles aplicaram um esquema de pesos iguais, com comparação de critérios por pares. A principal diferencia com respeito a outros estudos, é que as ponderações não se estabeleceram diretamente aos critérios senão a quatro classes. Embora, a chave deste análise é a ponderação. Algo de destaque é o esquema de ponderação

baseado na importância relativa dos critérios, pois é mais importante que um esquema de ponderação igual, para encontrar áreas adequadas.

Rodman e Meentemeyer (2006) utilizaram um modelo de SIG baseado em regras para prever locais adequados, para pequenas turbinas eólicas, na área da Grande Baía de São Francisco.

Eles criaram três modelos individuais: um modelo físico, um modelo ambiental e um modelo de impacto humano. Para os três modelos foi atribuído o mesmo peso nas camadas, mas cada camada é subdividida em classes, onde cada classe tem um valor particular. Encontraram-se deficiência nos critérios escolhidos frente a outros autores, como é a ausência na proximidade de estradas e rede elétrica, entre outros.

Também não são consideradas áreas intermediárias ao redor de áreas urbanas, onde costuma-se inserir elementos de restritivos derivados da intrusão visual e ruído.

Bennui et al. (2007) utilizaram um modelo em SIG para escolher locais factíveis para parques eólicos, em cinco províncias em Tailândia. A abrangência deste trabalho é comparável com a de Tegou et al. (2010), onde são excluídas áreas restritas e são definidos critérios limite.

Embora, a explicação do enfoque utilizado é insuficiente, pois não se explica como foram determinados os critérios, também é ambíguo, como são derivados os pesos relativos dos critérios.

Tegou et al. (2010) combina AHP com SIG para encontrar áreas adequadas para empreendimentos eólicos, na ilha grega de Lesbos, baseado em uma metodologia de 5 etapas. Na etapa 1 define as restrições que limitam a área de estudo e criar as camadas de restrições binárias relativas (CL), calcula o mapa de restrições através da multiplicação de todos os CLs. Na etapa 2 identifica o conjunto de critérios e alternativas, gera a avaliação relativa das camadas (ELs) e padroniza cada EL. No estudo de caso, as alternativas viáveis são as células de mapa. Na etapa 3

estima os pesos dos critérios usando o método de comparação no contexto do AHP e verifica a consistência do processo. Na etapa 4 cria os ELs padronizados ponderados multiplicando os ELs padronizados pelos pesos correspondentes, gera o índice global de adequação para cada célula (mapa de avaliação) usando a operação de adição de sobreposição nos ELs padronizados ponderados. Na última etapa calcula o mapa final do índice de adequação multiplicando o mapa de avaliação pelo mapa de restrição.

Este é um dos estudos mais completos até a data, apresenta algumas deficiências. Não está claro como foram estabelecidos os pesos aos critérios o que sugere que o AHP foi aplicado baseado em opiniões de autores. Também foram identificadas algumas contradições, como, o critério de impacto visual determina que áreas mais afastadas a locais, são preferidas às mais próximas, mas ao inserir o critério de demanda energética, as áreas mais próximas ao local apresentam um peso mais alto, quando comparadas com as áreas afastadas.

Gorsevski et al. (2013) estudaram áreas para empreendimentos eólicos no nordeste de Ohio, USA. A metodologia utilizada baseia-se em quatro níveis. O primeiro nível procura encontrar áreas tecnicamente potenciais (potencial eólico). No segundo nível estão as restrições; e no terceiro e quarto nível estão definidos critérios ambientais e econômicas.

Eles aplicaram uma enquete a 30 estudantes para estabelecer pesos aos critérios e assim criar três mapas. Não está claro porque foi aplicado a enquete em um grupo tão pequeno. Outra observação é a ausência de reservas naturais e distancias a áreas urbanas nos critérios.

Na tabela 2.4 é apresentado um sumario dos critérios encontrados nos estudos analisados, especificando o estudo onde foi definido um limite (limite), sem limite (x) ou não um critério (n.c).

Tabela 2.4 - Critérios e restrições

Tipo Restrição	Tópico	Item	Camada / Variável	Baban and Parry (2001)	Rodman and Meentemeyer (2006)	Bennui et al. (2007)	Tegou et al. (2010)	Gorsevski et al. (2013)
Ambienta	Uso do solo	Corpos de água	Corpos de água	x	nc	x	x	Limite
		Distância a ambientes naturais, reservas, etc.	Reservas naturais, Bosques, áreas ecológicas	x	limite	limite	limite	Nc
		Distância a áreas florestais.	Distancia a áreas florestais	x	x	nc	x	Nc
		Habitat de aves	Habitat de aves	nc	nc	nc	nc	X
		Pantanal	Pantanal	nc	limite	nc	limte	Limite
Infraestrutura	Distancia a estradas	Distância a estradas	Estradas	x	nc	nc	x	X
	Uso do solo	Distância a aeroportos	Aeroportos	nc	nc	x	limite	Limite
		Distância a áreas urbanas	Áreas urbanas	x	limite	x	x	Limite
		Distância a lugares de interesse, etc	Lugares de interesse	x	nc	x	x	Nc
		Distância a terrenos cobertos	Distancia a terrenos cobertos	limite	x	nc	x	X
Técnica	Demanda elétrica	Demanda elétrica	Consumo de energia	nc	nc	nc	x	X
	Distância à rede elétrica	Distância à rede elétrica	Rede Elétrica	limite	nc	nc	x	X
	Potencial eólico	Potencial energia eólica	Energia gerada	limite	limite	x	x	X
	Rugosidade da Superfície	Rugosidade da Superfície	Rugosidade da Superfície	nc	nc	x	nc	Nc
Condição Solo	Elevação	Elevação	Elevação	limite	nc	x	nc	Nc
	Inclinação do terreno	Inclinação do terreno	Inclinação do terreno	x	x	limite	x	Nc
	Tipo de solo	Tipo de solo	Tipo de solo	nc	nc	nc	nc	X

Fonte: (Elaboração própria baseado em SUNAK et al, 2015)

Em resumo, as principais deficiências nos estudos analisados são:

- Omissão de critérios.
- Definição sem fundamento e subjetiva de pesos aos critérios, sem considerar a opinião de especialistas.

Após feita a revisão dos estudos considerados na literatura de localização e empreendimentos eólicos, a seguir será apresentada a escolha de critérios chaves derivados dessa revisão bibliográfica.

Em um parque eólico, a geração de energia elétrica é altamente sensível à velocidade do vento. Estimativas de velocidade do vento são obtidas de mapas, bases de dados e simulação de modelos, mas a alta sensibilidade da velocidade na geração de energia, demanda o registro em estações anemométricas in situ.

Atlas de potencial eólico oferecem um indicativo de potenciais áreas, a nível regional, onde os registros indicam ventos favoráveis. Valores considerados promissores são velocidades média anuais acima de 6 m/s (dependendo do porte da geração). Isto auxilia na delimitação da área ou local de busca. Geralmente, cada país costuma desenvolver atlas eólicos mais detalhados, focados a nível regional ou estadual, como no Brasil, com inventário mais detalhado das condições ambientais, entre outros.

Na ausência de informações adequadas, indicadores topográficos podem ser utilizados para avaliar a predisposição do local ao aproveitamento de energia eólica. Entretanto, cada local possui fatores específicos que podem limitar a potência do projeto, como relevo complexo e restrições de acesso às áreas de interesse, questões ambientais, entre outros.

2.9.1 Uso do solo

Localização de parques eólicos devem considerar outros usos da terra-solo. Essa localização deve estar em concordância com políticas públicas e energéticas, de forma a definir um zoneamento. Os procedimentos administrativos necessários para

aprovar parques eólicos devem ser compatíveis com planos diretores a nível nacional, regional, estadual e municipal.

Planejadores devem decidir se um projeto é compatível com usos adjacentes existentes e planejados, se irá afetar negativa ou positivamente a área ou local, atingir populações humanas e animais, especialmente aves; e sua integração harmoniosa à paisagem existente. Atenção especial deve ser dada as reservas naturais, as áreas vizinhas e habitat de alto valor para conservação natural.

Parques eólicos não devem ser localizados tão próximos de áreas residenciais de modo que possam afetar injustificadamente a amenidade de tais propriedades através de ruído, cintilação de sombra, dominação visual ou luz refletida.

Outra questão é a interação entre o turismo e empreendimentos eólicos. Muitas áreas turísticas são localizadas em paisagens de beleza cênica e/ou de tranquilidade e a presença de parques eólicos poderia reduzir a atratividade do cenário natural.

Estudos de impacto ambiental conduzidos durante a fase de planejamento ajudam a mitigar ou evitar o impacto sobre a fauna aviária residente ou migratória, orientando a escolha do local e a disposição das turbinas eólicas. Informações existentes relacionadas à designação ecológica sobre uma área específica e espécies protegidas específicas que são encontradas na área o ano todo ou sazonalmente

A existência de edificações listadas como patrimônio histórico, áreas de conservação e sítios arqueológicos podem afetar a aceitação de um local particular.

A autoridade aeroportuária relevante deve ser consultada para locais próximos a aeroportos civis e militares.

Em resumo as distancias segundo a classe de solo, é definida na tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Distancias a diferentes classes de solo

Tópico	Subtópico	Distância [m]	Países
Área urbana	À cidade	2000	Vietnam Turquia UK USA
Casa individual		500	Turquia Polônia UK USA
		4 vezes a altura total da planta	Dinamarca
Área natural	Área ecológica	1000	UK
	Corpos de agua	400	
	Bosque	500	
	Reserva natural	500	Polônia
	Área ecológica	500	
	Bosque	200	
	Bosque protegido	500	
Lugar histórico		1000	UK
Lugar cultural		1000	Polônia
Área militar		5000-12000	Dinamarca
Área comercial e industrial		250	Polônia
Área recreacional		450	Polônia
Aeroporto		2500	Vietnam
		3000	Polônia

Fonte: (LI, Adaptado, Tradução própria, 2013)

2.9.2 Distância a rede elétrica

A conexão à rede é uma exigência técnica para permitir o despacho e a comercialização da energia gerada. As turbinas e parques eólicos deverem estar localizados tão próximo como possível à rede elétrica.

A conexão elétrica é o segundo item de maior custo na implantação de um parque eólico após os aerogeradores. O empreendedor é técnica e financeiramente

responsável pela conexão do parque até a subestação adequada. Isto pode significar um grande investimento na construção de uma linha de interligação e, eventualmente, até a construção de uma subestação. Ressalta-se que o custo do investimento na construção de uma linha de transmissão (ou distribuição) é diretamente proporcional ao seu comprimento. Sendo assim, a distância entre a usina e o ponto de conexão é um parâmetro importante na escolha do melhor sítio para construção do parque eólico.

Análise do sistema de distribuição elétrica local e diálogo com a concessionária local irá indicar se uma conexão elétrica ao local proposto será técnica e comercialmente viável. Informações sobre a rede elétrica na área, mapa de linhas de distribuição e possibilidades de conexão, podem ser obtidos com a concessionária local. A concessionária pode dar uma indicativa do custo provável de conexão do parque a rede elétrica, conforme a tabela 2.6, é estabelecida a relação de potência segundo a tensão de conexão.

Tabela 2.6 - Relação de potência respeito a tensão de conexão

Potência [W]	Tensão [kV]
2,5	13,8
15	34,5
67	69
120	138

Fonte: (TEGOU, 2010)

2.9.3 Distância a estradas

O parque eólico necessita de acesso ao local para veículos pesados durante sua construção, operação e no caso de precisar manutenção. O acesso ao local deve ser avaliado para determinar a adequação das vias públicas e privadas e quais melhoramentos podem ser necessários para permitir o desenvolvimento. A movimentação entre os aerogeradores deve ser prática e, portanto, as rotas das vias de acesso no local devem evitar declives acentuados no sítio.

O acesso que liga a rodovia mais próxima até o sítio precisa ser registrado detalhadamente. Vias em mau estado de conservação, trechos estreitados, pontes e passagens sobre riachos podem não ser adequados para o transporte pesado, como caminhões e guindastes, inviabilizando ou encarecendo os custos com infraestrutura.

3 ANÁLISE DA ENERGIA SOLAR

A energia do Sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica.

Os Sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica. Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica. (GRADELA e GAZOLI, 2012)

Os principais componentes de cada tipologia do Sistema Fotovoltaico são apresentados na figura 3.1.

Figura 3.1 - Principais Componentes de cada tipologia do Sistema Fotovoltaico

Fonte: (EPE, 2014)

Capítulo 3. ANÁLISE DA ENERGIA SOLAR

Para dimensionar um sistema conectado à rede o primeiro passo é determinar quanta energia deseja-se produzir, essa energia pode ser estabelecida com base no consumo médio mensal de eletricidade. Pode-se desejar suprir parcialmente ou integralmente a demanda de energia elétrica de um determinado consumidor.

Outra maneira de determinar a energia produzida é levar em conta o espaço disponível para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Sabendo-se o número de módulos que serão instalados, pode-se calcular a produção de energia diária ou mensal do sistema fotovoltaico.

A energia produzida pelo módulo fotovoltaico em função da insolação é calculada pela equação 3.1.

$$E_P = E_S \cdot A_M \cdot \eta_M \quad (3.1)$$

Sendo:

E_P = Energia produzida pelo módulo diariamente [Wh]

E_S = Insolação diária [Wh/m²/dia]

A_M = Área da superfície do módulo [m²]

η_M = Eficiência do módulo

(GRADELA e GAZOLI, 2012)

Outro cálculo da energia produzida pelo módulo é feito pela equação 3.2.

$$E_P = P_M \cdot H_S \quad (3.2)$$

Sendo:

E_P = Energia produzida pelo módulo diariamente [Wh]

P_M = Potência do módulo [W]

H_S = Horas diárias de insolação [horas]

(GRADELA e GAZOLI, 2012)

Como os sistemas conectados à rede sempre dispõem de um sistema de Rastreador do Ponto de Máxima Potência (MPPT), o método adequado é aquele baseado na insolação diária, ou seja, no valor do quilowatt-hora por metro quadrado diário [kWh/m^2] disponível em uma determinada localidade. Conhecendo-se a área do módulo e a sua eficiência, calcula-se com facilidade a energia elétrica por ele produzida diariamente. Para conhecer a produção mensal, basta multiplicar por 30 o valor diário obtido. (GRADELA e GAZOLI, 2012)

De acordo com o valor da energia que se deseja produzir diariamente ou mensalmente, determina-se a quantidade de módulos necessários no sistema fotovoltaico, segundo a equação 3.3:

$$N_p = E_{\text{SISTEMA}}/E_{\text{MODULO}} \quad (3.3)$$

Sendo:

N_p = Número de módulos da instalação fotovoltaica

E_{SISTEMA} = Energia produzida pelo sistema [kWh] no intervalo de tempo considerado

E_{MODULO} = Energia produzida por um módulo [kWh] no mesmo intervalo de tempo

(GRADELA e GAZOLI, 2012)

3.1 Energia Solar no mundo e no Brasil

A fonte solar representou uma parcela de apenas 1% do total da energia elétrica produzida no mundo em 2014 (SOLARPOWER EUROPE, 2015). Como pode ser observado na figura 3.2, o uso das tecnologias para geração elétrica que utilizam o Sol como fonte tem crescido substancialmente nos últimos anos, especialmente a fotovoltaica, que passou de 3,7 GWp para 177 GWp, entre 2004 e 2014 – crescimento anual de 47% (REN21, 2015). Esse crescimento foi promovido por generosos subsídios à fonte, principalmente em países europeus, em especial a Alemanha, na última década (PILLAI, 2015). Porém, a Europa foi deixando de liderar o número de instalações a partir do momento em que reduziu os incentivos. Dessa

forma, vem sendo observada uma transferência da liderança no número de instalações para países asiáticos, principalmente a China.

Figura 3.2 - Evolução da capacidade fotovoltaica acumulada

Fonte: (EPIA, 2014; IEA PVPS, 2015)

No início da década passada, em função da maior atratividade econômica, a maior parte da potência instalada era em sistemas de geração distribuída. Com a queda nos custos observada nos últimos anos, a geração fotovoltaica começou a surgir como alternativa de geração centralizada. Dessa forma, observa-se na figura 3.3 que, desde 2007, uma tendência no aumento da participação de usinas fotovoltaicas no total da capacidade instalada mundial.

Figura 3.3 - Distribuição da capacidade instalada anual, por tipologia

Fonte: (IEA PVPS, 2014)

O Brasil está situado quase que totalmente na região limitada pelos Trópicos de Câncer e de Capricórnio, de incidência mais vertical dos raios solares. Esta condição favorece elevados índices de incidência da radiação solar em quase todo o território nacional, inclusive durante o inverno, o que confere ao país condições vantajosas para o aproveitamento energético do recurso solar.

Adicionalmente, a localização próxima à linha do equador propicia uma baixa variabilidade intra-anual da radiação solar no Brasil. Em relação à média de longo prazo, é menor do que a observada na geração eólica ou hidrelétrica.

Na figura 3.4 é apresentada a localização das usinas fotovoltaicas existentes e planejadas no Brasil, destaca-se que nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná estão concentradas a maior parte das usinas existente e em estados como Ceará, Bahia, Minas Gerais e Pernambuco estão concentradas as usinas planejadas.

Figura 3.4 - Localização Usinas Fotovoltaicas Existentes e Planejadas

Fonte: (EPE, 2016)

Os mapas apresentados nas figuras 3.5 e 3.6 ilustram as regiões onde a irradiação Solar Direta e Global Horizontal média é maior no Brasil, indicando, inicialmente, as melhores áreas para o aproveitamento solar. Analisando-se exclusivamente este fator, observa-se que o oeste da Bahia é dos lugares mais favoráveis, bem como o Vale do São Francisco, Piauí, Mato Grosso do Sul, leste de Goiás e oeste do Estado de São Paulo.

Figura 3.5 - Irradiação Solar Global Horizontal, 1999-2013

Fonte: (SOLARGIS, 2015)

Figura 3.6 - Irradiação Solar Normal Direta, 1999-2013

Fonte: (SOLARGIS, 2015)

Dentro do Estado de São Paulo, a maior incidência solar global encontra-se no extremo noroeste do Estado, conforme a figura 3.7 na região metropolitana de São Paulo corresponde a valores de 4,6 kWh/m² dia.

Figura 3.7 - Incidência Solar Global no Estado de São Paulo

Fonte: (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2013)

4 ANÁLISE DA ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é aquela que provém da força do vento. É uma fonte abundante, renovável, limpa e disponível em muitos lugares. A transformação de energia elétrica através da força do vento é feita por meio de aerogeradores, ou turbinas eólicas, que captam a força do vento em suas hélices ligadas a uma turbina, acionando um gerador elétrico. A quantidade de energia produzida por uma turbina eólica varia de acordo com o tamanho das suas hélices, da eficiência de seus componentes mecânicos e elétricos, e também com o regime de ventos na região onde está instalada.

Os aerogeradores possuem três elementos principais, que são o rotor, o eixo e o gerador, e vários elementos secundários que variam de acordo com o tipo e projeto do aerogerador. Sucintamente, o rotor é o conjunto das pás e cubo do aerogerador 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. Na figura 4.1 são apresentados os componentes da turbina de eixo horizontal.

Figura 4.1 - Componentes Turbina de Eixo Horizontal

Fonte: (Glogster, 2015)

Existem dois tipos básicos de rotores, os de eixo vertical e os de eixo horizontal como pode ser observado na figura 4.2, sendo a maioria das turbinas eólicas de eixo horizontal, com três pás que rodam em torno de um eixo horizontal que deve permanecer alinhado com a direção do vento (a favor do vento ou contra o vento).

Os rotores de eixo vertical têm seu eixo de rotação perpendicular à direção do vento, operando com ventos de qualquer direção. Os rotores de eixo vertical tendem a duas configurações principais, Savonius e Darrieus. No caso do primeiro, a energia é gerada utilizando a transferência de quantidade de movimento (um dispositivo de arrasto) e, no segundo, usando forças aerodinâmicas (força de sustentação)

Figura 4.2 - Tipos de rotores de aerogeradores

Fonte: (EPE, 2015)

O rotor Savonius é característico devido a que apresenta uma boa performance para gerar energia eólica na zona urbana. Esse aerogerador com o rotor em eixo vertical possui duas pás onduladas, em formato de “S”. As características são:

- Começa a gerar energia com pouco vento.
- Suporta melhor ventos mais turbulentos.
- É muito silencioso – quase inaudível.
- Ideal para áreas urbanas.
- Este tipo, contudo, possui uma potência baixa.

Um aerogerador capta parte da energia cinética do vento e a transforma em potência (dada em Watts ou Joule/s), que é a energia convertida por unidade de tempo. A potência contida no vento (P) é função do cubo da velocidade do vento e é dada pela Equação 4.1.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (4.1)$$

ρ é a densidade do ar (kg/m^3);

A , a área do rotor (m^2) e

v , a velocidade do vento (m/s).

(FADIGAS, 2011)

Em alturas de interesse para o aproveitamento energético, o vento é afetado por obstáculos próximos aos aerogeradores, rugosidade do terreno (tipo de vegetação, uso e ocupação do solo) e declividade (presença de colinas, depressões ou vales) (FADIGAS, 2011). A velocidade em alturas diferentes da de medição pode ser calculada a partir da Equação 4.2. Note que a velocidade (V_2) depende da rugosidade do terreno (Z_0), da altura (H_1) e velocidade do vento medidos (V_1) e da altura na qual se quer determinar a velocidade do vento (H_2).

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{\ln\left(\frac{H_2}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H_1}{Z_0}\right)} \quad (4.2)$$

(FADIGAS, 2011)

A potência elétrica gerada por um aerogerador pode ser calculada com base em técnicas estatísticas. Para uma distribuição de vento conhecida $\rho(v)$ e uma curva de potência $Pe(v)$ de um aerogerador, também conhecida, a potência elétrica $\bar{Pe}(v)$ pode ser calculada pela Equação 4.3.

$$\bar{Pe}(v) = \int_0^{\infty} Pe(v) \rho(v) dv \quad (4.3)$$

(FADIGAS, 2011)

Existem várias funções de distribuição probabilística que descrevem o comportamento do vento, e cada uma delas representa um determinado padrão, assim, não necessariamente diferentes locais terão o mesmo tipo de função descritiva (FADIGAS, 2011). As principais funções usadas pela engenharia eólica são:

- Distribuição Normal (Gaussiana ou bivariável),
- Distribuição exponencial,
- Distribuição de Rayleigh, e
- Distribuição de Weibull.

A distribuição de Weibull conforme a Figura 4.3 é a que consegue representar melhor um grande número de padrões de comportamento de vento tanto nas camadas próximas à superfície quanto nas mais afastadas (MARTINS et.al., 2008), isso porque ela incorpora a distribuição exponencial quando $k=1$ e a de Rayleigh quando $k=2$, além de se ajustar de forma semelhante à distribuição normal quando o valor de k é próximo de 3,5 (FADIGAS, 2011).

Figura 4.3 - Função de densidade de probabilidade da distribuição de Weibull

Fonte: (FADIGAS, 2011)

A equação de densidade de probabilidade que define a distribuição Weibull é mostrada a seguir na Equação 4.4.

$$\rho(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right) \quad (4.4)$$

Sendo

c = parâmetro de escala em m/s, proporcional a velocidade média do vento

v = velocidade do vento, em m/s

k = parâmetro forma, que especifica a forma da distribuição de Weibull
(FADIGAS, 2011)

Valores de k próximos a 1 significam ventos muito variáveis, enquanto que ventos constantes são caracterizados por um maior valor de k , próximo de 3 (SUISSE ÉOLE, 2015).

4.1 Energia Solar no mundo e no Brasil

Quanto à evolução da potência instalada de Energia eólica no mundo cabe ressaltar o aumento significativo desde o ano 2007 até o ano 2014 que correspondeu a mais de 350GW de potência, como pode ser evidenciado na figura 4.4.

Do total da capacidade instalada em 2014, 84% está localizada em 10 países, sendo os três maiores a China (31%), os Estados Unidos (18%) e a Alemanha (10%) (GWEC, 2015). Esse grupo de países forma o maior mercado tanto de produção de aerogeradores e serviços vinculados, quanto de aquisição e instalação de novos parques eólicos. O Brasil ocupa o décimo lugar da lista, com 1,6% do total da capacidade eólica instalada no mundo.

Figura 4.4 - Evolução da Potência Eólica Instalada no Mundo

Fonte: (GWEC, 2015)

O crescente interesse nos leilões é impulsionado por sua capacidade de conseguir a implantação de energia renovável de acordo com a necessidade do sistema e de forma planejada, sendo seus pontos fortes a flexibilidade, o potencial para a descoberta do preço do real, a capacidade de garantir uma maior segurança no preço e na quantidade, e a transparência do processo (IRENA e CEM, 2015).

Após o PROINFA, a primeira tentativa da fonte eólica para continuar a se inserir foi através do Leilão de Fontes Alternativas de 2007, onde foram habilitados 9 empreendimentos somando 939 MW. Contudo, a fonte não obteve contratação até um leilão exclusivo ocorrido em dezembro de 2009 (LER). Nesse leilão foram habilitados 339 empreendimentos, totalizando 10.005 MW, sendo contratados 1.805 MW de 71 empreendimentos ao valor médio da época de 148,39 R\$/MWh.

Dentre os fatores que viabilizaram o resultado do LER 2009 estavam: a concorrência somente entre empreendimentos eólicos, o preço teto de 189 R\$/MWh, desoneração tributária proveniente do Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) (Brasil, 2007), as boas condições de financiamento do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento da energia eólica (Brasil, 1997), possibilidade de aderir ao regime de tributação com lucro presumido para

Capítulo 4. ANÁLISE DA ENERGIA EÓLICA

apuração do Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ) e da Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido (CSSL), a desvalorização do dólar, o desconto da TUST/TUSD e um sistema de bandas que garantia a receita dentro de um limite de geração entre -10% e +30% da energia contratada.

Em resumo, a evolução da Capacidade e do preço médio de contratação pode ser observado na figura 4.5, onde é evidenciada uma diminuição considerável do preço desde a aplicação do PROINFA no ano 2005, até os leilões de energia do ano 2013, representando uma diminuição do preço médio por MWh de mais do 50%.

Figura 4.5 - Evolução da Capacidade e do preço médio de contratação da Energia Eólica

Fonte: (EPE, 2015)

Na figura 4.6 pode ser observado que a concentração dos parques eólicos se encontra nos estados onde a velocidade do vento a 50 m é maior, como é no caso de estados como Ceará, Bahia, Maranhão.

Figura 4.6 - Potencial eólico e distribuição dos parques eólicos em operação no Brasil

Fonte: (AMARANTE, 2001, ANEEL, 2015)

Capítulo 4. ANÁLISE DA ENERGIA EÓLICA

Na figura 4.7 é apresentada a localização das usinas eólicas em operação (existentes) e planejadas no Brasil, observando que em estados como Paraná, Recife, Maranhão e Pernambuco estão concentradas as usinas existentes e em estados como Rio Grande do Sul, Piauí, Bahia, Ceará estão concentradas as usinas planejadas para expandir a contratação.

Figura 4.7 - Localização Usinas Eólicas em operação e planejadas no Brasil

Fonte: (EPE, 2016)

Com relação à situação do Estado de São Paulo conforme a figura 4.8 a velocidade do vento não ultrapassa os 6 m/s, tendo como máximo na cidade de São Paulo 4 m/s que representa um valor baixo para geração de energia eólica.

Figura 4.8 - Velocidade do vento média anual a 50 km

Fonte: (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2013)

5 METODOLOGIA

Este trabalho de pesquisa foi de natureza aplicada, devido a que foram gerados produtos que evidenciam o potencial solar e eólica da Cidade Universitária e que servirão de base para futuras pesquisas e tomada de decisões na Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO).

Na etapa de definição do tema foram pesquisados trabalhos, teses, dissertações, artigos científicos em periódicos que fossem relacionados com planejamento energético, sustentabilidade, geoprocessamento, fontes renováveis, para apoiar no processo de definição e delimitação da pesquisa.

Após da definição do tema foi realizada a pesquisa bibliográfica para encontrar o ponto de partida com relação à metodologia a ser aplicada para determinar o potencial eólico e solar na zona urbana, além dos critérios a serem levados em conta para analisar os aspectos de limitação da legislação urbanística, técnicos como o potencial e acesso à rede, e ambientais como reservas naturais, corpos de água e áreas de conservação entre outros. Além disso, foi analisada a situação atual da energia eólica e solar no mundo e no Brasil, especialmente no Estado de São Paulo para facilitar a escolha do local de aplicação do estudo de caso.

Em seguida, foi escolhido o estudo de caso em função da utilidade e dos benefícios que traria, por esta razão foi escolhida a Cidade Universitária, além de ser um ponto importante na Cidade de São Paulo e ter muitas variáveis a serem analisadas.

De forma a analisar os dados técnicos, ambientais, geográficos, foi realizada uma etapa de coleta dentro da Cidade Universitária dos dados tais como velocidade do vento na estação anemométrica da Escola Politécnica (EP) elétrica, os valores de irradiação, as camadas de informação geográfica, os dados de consumo de energia elétrica, entre outros.

Outra das etapas contempladas foi o desenho tridimensional dos prédios da CUASO, e em especial do prédio da EP elétrica para realizar o modelamento do sombreamento e calcular o potencial solar levando em conta os obstáculos e uma simulação dependendo do mês do cálculo e irradiar o valor, utilizando o plug-in SOLAR3DBR para o Google Sketchup desenvolvido na dissertação de mestrado da Escola Politécnica da USP, pelo Emerson Gonçalves de Melo.

Após do cálculo do potencial solar foi realizado o cálculo do potencial eólico baseado nos dados anemométricos da Estação da Escola Politécnica Elétrica, modelando com um aerogerador que fosse compatível com as condições presentes e irradiar o valor para a cidade universitária.

Com relação aos dados geográficos foram estabelecidos os limites para realizar a análise apoiada no geoprocessamento por meio de proximidades aos obstáculos segundo o tipo de restrição (infraestrutura, técnica, urbanística ou ambiental), nessa etapa foi determinada a área livre do terreno para colocar novos projetos.

Em seguida foram gerados os mapas de cada uma das restrições ou condições por tipo, e realizou-se um overlap das mesmas para estabelecer os locais onde podem ser instalados futuros painéis fotovoltaicos e aerogeradores, além dos mapas da distribuição do número de módulos e das turbinas, como do potencial solar e eólico na CUASO.

Finalmente, foi realizado uma análise comparativa do consumo do prédio da Poli Elétrica e do consumo geral da CUASO com o potencial de geração de energia eólica e solar na cidade universitária, para avaliar um possível suprimento da demanda com a geração de energia por essas fontes.

5.1 Estrutura da Metodologia para a Análise espacial

Em resumo a metodologia geral consistiu na figura 5.1 que foi elaborada baseada nas experiências analisadas na etapa de pesquisa bibliográfica, e adaptada para

este projeto de pesquisa. Essa metodologia pode ser aplicada de forma geral para outras zonas de estudo e para a análise de geração por fontes renováveis.

Como primeira etapa deve-se realizar o levantamento da informação geográfica disponível, para o caso do Brasil foi analisada a informação do IBGE e classificada no anexo Levantamento de Informação Geográfica, segundo a escala do estudo deve procurar-se a informação com a entidade responsável, além de revisar toda a informação de relevância para o estudo.

Na segunda etapa são definidas e classificadas as variáveis por restrição (ambiental, de infraestrutura, técnica, urbanística), este processo pode ser realizado para qualquer outra fonte renovável.

Quanto à terceira etapa, devem ser definidos os critérios segundo a fonte de geração, nesta pesquisa foram estabelecidos para a energia eólica e solar, isso pode ser aplicado a outras fontes renováveis de energia, mas deve ser realizada uma pesquisa bibliográfica prévia para estabelecer os limites adequados e os critérios para realizar o geoprocessamento mediante a análise de áreas de influencia (buffer) e com isso permitir apoiar na seleção dos locais de implantação da infraestrutura para a geração de energia.

Na quarta etapa, são realizados os cálculos de potencial pela fonte de geração e das outras variáveis que precisem ser calculadas, além da aplicação do geoprocessamento por meio de proximidades, distâncias, eliminação de áreas, entre outras operações, e da sobreposição (overlap). Existem dois métodos de análise de sobreposição: sobreposição de vectores (sobreposição de pontos, linhas ou polígonos) e sobreposição de raster⁶ (sobreposição de conjuntos de dados raster).

Finalmente, na quinta etapa, são gerados os mapas das restrições definidas: técnicas (potencial solar, potencial eólico, proximidade à rede, entre outras), ambientais (reservas naturais, habitat de aves, corpos de água, pantanais, entre

⁶ Um conjunto de dados raster é uma matriz de pontos, que representa geralmente uma grade retangular de pixel ou pontos de cor

outras), de infraestrutura (distância a estradas, distância a áreas urbanas, entre outras) do uso do solo - urbanísticas (áreas de reserva para novas ruas, para novos prédios, entre outras), além do mapa do potencial de geração por fonte renovável (eólica e solar fotovoltaica) aplicando as restrições.

Figura 5.1 - Metodologia geral para estabelecer os locais de geração de energia renovável

Fonte: (Elaboração própria, 2015)

6 ESTUDO DE CASO

6.1 Descrição da Área de Estudo

A Universidade de São Paulo é uma das quatro universidades públicas mantidas pelo governo do estado brasileiro de São Paulo, junto com a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Estadual Paulista (UNESP) e a Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp). É a maior universidade pública brasileira e a universidade mais importante do país, da Ibero-América e uma das melhores e mais prestigiadas do mundo. A USP é uma das maiores instituições de ensino superior na América Latina. São 42 unidades de ensino e pesquisa, distribuídos em onze campi: São Paulo (3), Bauru, Lorena, Piracicaba, Pirassununga, Ribeirão Preto, Santos e São Carlos (2). O campus principal em São Paulo é chamado Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira, com uma área de 7.443.770 metros quadrados. A instituição está envolvida no ensino, pesquisa e extensão universitária em todas as áreas do conhecimento. Somando todos os Campi, a USP possui um total de 246 cursos de graduação, 229 cursos de pós-graduação, 5,8 mil professores e 93 mil alunos matriculados entre graduação e pós-graduação (2012). (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2014).

Nas figuras 6.1 e 6.2 são apresentadas a localização e distribuição geral da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira com relação às principais Avenidas, e às principais Unidades da USP.

Figura 6.1 - Localização Geral Área de Estudo

Fonte: (Elaboração própria, 2015)

Figura 6.2 - Área de Estudo

Fonte: (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2010)

6.2 Campus Sustentável USP

Inicialmente, foi estruturado o programa Campus Sustentável pela Prefeitura do Campus USP da Capital, aprovado pelo Conselho Gestor do Campus, que tinha por objetivo tornar a USP referência nacional em Sustentabilidade e reconhecida em *rankings* internacionais, planejando e desenvolvendo projetos sustentáveis, consolidando a agenda de sustentabilidade dos Campi USP, articulando pesquisa, ensino, cultura e extensão e integrando projetos e ações de sustentabilidade na USP com a cidade.

O programa estava formado por nove projetos:

- Gestão Territorial das Águas
- Gestão Eficiente de Energia
- Gestão Integrada de Resíduos
- Gestão de Áreas Verdes
- Gestão Funcional Urbana
- Gestão de Saúde Ambiental
- Ensino, Pesquisa e Sustentabilidade
- Cultura de Sustentabilidade
- Governança do Campus

O Programa Campus Sustentável estava inserido nas Políticas de Sustentabilidade da USP. Sua atuação era dividida em três marcos conceituais e teria duração de 20 anos, até 2034, quanto a Universidade comemora seu centenário. (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2014)

Por meio da Resolução 6062 de 27 de fevereiro de 2012, foi criada a Superintendência de Gestão Ambiental (SGA), subordinada à reitoria, com o objetivo de planejar, implantar, manter e promover a sustentabilidade ambiental nos 14 campi e áreas de pesquisa da Universidade de São Paulo.

A Superintendência de Gestão Ambiental, em seu segundo mandato (2014), iniciou o processo de elaboração da Política Ambiental da USP que orientará decisões futuras da universidade. Para iniciar as atividades, foram criadas 12 subdivisões que buscam abarcar de forma mais aprofundada as possibilidades de trabalho:

GT Águas e Efluentes

GT Áreas Verdes e Reservas Ecológicas

GT Edificações Sustentáveis

GT Educação Ambiental

GT Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa e Gases Poluentes

GT Energia

GT Fauna

GT Mobilidade

GT Resíduos Sólidos

GT Sustentabilidade na Administração

GT Uso e Ocupação Territorial

GT Política Ambiental na Universidade

Um dos objetivos da SGA consiste em estabelecer áreas de estudo para determinação de legislação na universidade e conformar um banco de Dados através do Sistema GAIA para estabelecer e calcular indicadores, metas e ações na USP.

Por outro lado, a Superintendência do Espaço Físico (SEF) em parceria com o Laboratório de Informatização do Acervo (LABARQ) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP) desenvolveu um sistema denominado ATLAS para aperfeiçoar a gestão do espaço físico no campus da capital. O ATLAS é um Sistema de Informações Geográficas - SIG - desenvolvido para atender as necessidades administrativas da SEF na gestão dos campi da USP. Trata-se de um banco de dados georreferenciado que permite busca de informações sobre o espaço físico cadastrado e sua visualização em mapas. (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2013)

Atlas é um sistema patrimonial e de espaço físico que auxilia os órgãos gestores da Universidade nas atividades de controle de cadastramento, planejamento do uso de tais recursos e nas ações de manutenção dos ativos fixos e espaços físicos de acordo com as informações. É a maior ferramenta que a USP possui para a gestão patrimonial e de espaço físico. O mapeamento das áreas externas do campus é composto por 145 camadas de informação divididas nos grupos: Edificação, Vegetação, Mobiliário Urbano, Sistema Viário, Hidrografia, Topografia e infraestrutura (Água e Incêndio, Esgoto, Drenagem, Dados e Voz, Elétrica e Mista). Em conjunto aos dados externos do campus, o usuário tem acesso ao interior de todas as edificações da universidade, possibilitando a navegação entre os pavimentos e o detalhamento de cada ambiente interno. Somente no Campus Butantã, foram levantados e cadastrados 385 edificações com um total de mais de 19.000 ambientes, aos quais foram anexados mais de 24 mil arquivos entre fotografias, plantas CAD e outros documentos, que podem ser consultados via interface do sistema, ou baixados para a máquina do usuário, facilitando a comunicação e a disseminação de informação entre diferentes gestores e usuários, na figura 6.3 pode ser observada a tela do Sistema Atlas Web. (WEB XYZ, 2013)

Figura 6.3 - Tela Sistema Atlas Web

Fonte: (WEB XYZ, 2013)

A revisão da literatura, com relação às experiências já desenvolvidas no Brasil ou em outros países foi um insumo fundamental, porque por meio disso facilitou a escolha das variáveis que são os critérios alternativos (medidas) para realizar a modelagem da informação.

No caso de estudo, foi necessário realizar uma análise das camadas geográficas, especificamente da informação das entidades públicas e do Sistema Atlas da Superintendência do Espaço Físico (limites geográficos, prédios, ruas, abrigos, postes de iluminação, entre outros) como é apresentado na tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Camadas Geográficas Sistema Atlas

Tema	Camada Geográfica
Construções	Edifício
	Marquise
	Abrigos
	Abrigo de Lixo
	Reservatório
	Pilares - Marquises e Coberturas
	Construções - Pilares
	Abrigos – Pilares
	Projeção de Coberturas (Edificações)
	Projeção de Coberturas (Abrigos)
	Coberturas
Infraestrutura	Poste de Iluminação
	Dados e Voz
	Elétrica
	Água
	Bocas de Lobo/Leão
	Águas Pluviais
	Drenagem
	Esgoto
	Não Identificado
Mobiliário Urbano	Lixeira
	Comunicação Visual
	Mastro
	Ponto de Ônibus
	Equipamentos Esportivos
	Quadras Esportivas
	Quadras Esportivas – Linhas
	Piscina
	Playgroud
	Guarita
	Bicicletário
	Bancos e Mesas

Tema	Camada Geográfica
	Parada de Ônibus 1
	Parada de Ônibus 2
	Parada de Ônibus 3
	Parada de Ônibus 4
	Monumentos 1
	Monumentos 3
	Monumentos 2
	Semáforo 2
	Semáforo 1
	Outros
	Detalhes
Sistema Viário / Circulação	Passeio Público
	Placas de Sinalização
	Sistema Viário
	Pista
	Sarjeta
	Lombadas
	Pontes
	Frades
	Vagas de Estacionamento
	Circulação
	Picolé - Gelo Baiano
	Sinalização Horizontal
	Bolsão de Estacionamento
	Rampas de Acesso
	Texto ruas
	Escada
	Escada – Linha
	Rebaixo
Geografia	Árvore
	Curvas de Nível Mestra
	Curvas de Nível Intermediária
	Gramados
	Bosques
	Jardins
	Afloramentos Rochosos
	Taludes
	Taludes (linhas)
	Cursos D'agua
	Lagos e Brejos
	Outros
Plano/Projeto/Obra	Plano/Projeto/Obra
	Intervenções
Outros	Pontos de Sondagem
	Textos de Sondagens
	Quadrícula SEF
	Setores CUASO
	IPEN (Edificações)
	IPT (Edificações)
	Terreno Marinha (Edificações)
	Terrenos Ocupados (Edificações)

Tema	Camada Geográfica
	Terreno Eletropaulo
	IPT
	IPEN
	Terreno Marinha
	Terrenos Ocupados
	Terrenos Cedidos a Terceiros
	Muros
	Cercas
	Limite Campus
	Sombras (Paradas de Ônibus)
	Sombras (Monumentos)
	Sombras (Semáforos)
	Sombras (Edificações)
	Quadrícula SEF Texto
	Setores CUASO Texto
Anotações	Anotações

Fonte: (Elaboração própria, 2015)

Quanto aos potenciais eólico e solar, outros dos insumos que foram considerados nesta pesquisa correspondem aos dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito (CRESESB) para conhecer a irradiação no plano horizontal, além de analisar por meio das coordenadas geográficas os potenciais da Cidade Universitária e fazer a comparação com os potenciais calculados segundo os dados anemométricos da Estação da Escola Politécnica Elétrica e da aplicação do plug-in SOLAR3DBR no Google Sketchup.

6.3 Potencial Energia Eólica

Segundo o Atlas do potencial eólico brasileiro que apresenta mapas temáticos dos regimes médios de vento (velocidade, direções predominantes e parâmetros estatísticos de Weibull) e fluxos de potência eólica na altura de 50m, a velocidade média do vento varia de 3,16 m/s até 4,26 m/s, conforme a figura 6.4 e uma densidade de potência entre 35 e 75 W/m² para a Cidade Universitária.

Figura 6.4 - Cálculo do potencial eólico do Site da CRESEB

Latitude: 23,561347° S
Longitude: 46,730778° O

Atlas do Potencia Eólico Brasileiro		Dados de vento a 50 m de Altura				
Grandeza	Unidade	Dez-Fev	Mar-Maio	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Velocidade média do vento	m/s	3,16	3,75	4,26	4,03	3,8
Fator c		3,57	4,23	4,8	4,55	4,29
Fator k		2,13	2,21	2,48	2,34	2,24
Densidade de potência	W/m2	35	56	75	67	58

Fonte: (CRESEB, 2013)

Este dado serviu para comparar com os dados obtidos através do cálculo realizado por meio dos dados anemométricos da estação da EP elétrica, esses dados correspondem a medições a cada minuto da velocidade mínima e máxima por um período de um ano, com esses dados foi realizado o cálculo da frequência relativa da energia eólica.

Na figura 6.5 é apresentada a frequência de ocorrência da velocidade do vento da EP Elétrica, evidencia-se que a maior parte das medições correspondem a 2 m/s, contendo como valor mínimo 0 m/s e valor máximo 9 m/s.

Figura 6.5 - Frequência relativa eólica

Fonte: (Elaboração própria, 2015)

Realizou-se o cálculo tanto da frequência acumulada e das distribuições Weibull e Rayleigh como das respectivas porcentagens para analisar o comportamento das frequências, conforme a tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Cálculos frequência acumulada, e das distribuições Weibull e Rayleigh

	Frelac	Frelac%	Duracao	Weibull		Weibull%	Rayleigh		Rayleigh%
0	0,02528	2,52787	97,472	1	0	0	1	0	0
1	0,34863	34,8633	65,137	0,935	0,173	17,3001	0,87	0,242436	24,24359
2	0,76812	76,8119	23,188	0,636	0,39584	39,584	0,573	0,319213	31,92128
3	0,94475	94,475	5,525	0,251	0,31821	31,8212	0,285	0,238558	23,8558
4	0,99078	99,0781	0,9219	0,048	0,09961	9,9608	0,108	0,119929	11,9929
5	0,99853	99,8532	0,1468	0,004	0,01115	1,11512	0,031	0,042775	4,277545
6	0,99979	99,9791	0,0209	9E-05	0,00039	0,03938	0,007	0,011084	1,108422
7	0,99999	99,9987	0,0013	0	0	0,00038	0,001	0,002113	0,211325
8	1	100	0	0	0	0	0	0,000299	0,029868

Fonte: (Elaboração própria, 2015)

Na figura 6.6 é analisada a distribuição da frequência acumulada em porcentagem com relação à duração, encontrando-se que as curvas são quase complementarias, além da duração começar a ser quase nula na velocidade de 6 m/s.

Figura 6.6 - Distribuição da frequência acumulada e da duração

Fonte: (Elaboração própria, 2015)

Devido à baixa velocidade do vento que foi evidenciada na cidade universitária, especificamente na estação da EP Elétrica é recomendável utilizar aerogeradores de eixo vertical os quais apresentam uma série de vantagens para gerar energia eólica.

As torres eólicas de eixo vertical são baixas; entre 0,1 e 0,5 vezes a altura do próprio rotor, o que permite a colocação de todo o dispositivo de conversão de energia (gerador, caixa de velocidades, etc) na base do aproveitamento, facilitando assim as operações de manutenção.

Além disso, neste tipo de aerogeradores, não é necessário o dispositivo de orientação da turbina face ao vento, tal como acontece nos aerogeradores de eixo horizontal.

As distribuições de Weibull e Rayleigh são analisadas no gráfico que corresponde à figura 6.7, destaca-se que a distribuição que parece mais similar com a frequência relativa é a Distribuição de Weibull, por isso é assumida para a estimativa da geração de energia eólica.

Figura 6.7 - Distribuição de Weibull e Rayleigh

Fonte: (Elaboração própria, 2015)

Após analisar algumas turbinas das mais utilizadas no mercado conforme na tabela 6.3, foi selecionada uma que conseguisse gerar energia com pouca velocidade do vento, por isso foi modelado com a turbina WRE da empresa Ropatec S.p.a. que tem as especificações conforme a figura 6.8.

Tabela 6.3 – Tipo de aerogeradores

Fabricante	Modelo	Tipo aerogerador ⁷ (VAWT /HAWT)	Potência nominal (kW)	Velocidade nominal do vento (m/s)	Velocidade do vento de partida (m/s)	Diâmetro do rotor (m)	Área varrida (m2)
OY Windside Production Ltd	WS-4B & 4C/ 1-2 kW	VAWT	1	18	2	1	4
OY Windside Production Ltd	WS-12/8 kW	VAWT	8	20	2	2	12
Ropatec S.p.a.	WRE.007 / 0,75 kW	VAWT	0,75	14	2	1,5	2,25
Ropatec S.p.a.	WRE.007 / 0,75 kW	VAWT	3	14	2	3,3	7,26
Ropatec S.p.a.	WRE.007 / 0,75 kW	VAWT	6	14	2	3,3	14,52
Venturi Wind b.v.(i.o.)	Venturi 110-500	VAWT	0,5	17	2	1,1	1

⁷ Vertical Axis Wind Turbine – Turbina Eólica de Eixo Vertical (VAWT), Horizontal Axis Wind Turbine – Turbina Eólica de Eixo Horizontal (HAWT)

Capítulo 6. ESTUDO DE CASO

Fabricante	Modelo	Tipo aerogerador ⁷ (VAWT /HAWT)	Potência nominal (kW)	Velocidade nominal do vento (m/s)	Velocidade do vento de partida (m/s)	Diâmetro do rotor (m)	Área varrida (m ²)
Winddam	AWT(1)2000/ 2 kW	VAWT	2	12	2	2,56	5,12
Eclectic Energy	Stealth Gen D400 / 0,4 kW	HAWT	0,4	16	2	1,1	0,95
Pitchwind Systems AB	Pitchwind / 30 kW Grid	HAWT	30	15	2	14	154
Travere Industries	TI / 2.4/ 0.9 (0.9kW/h)	HAWT	0,9	10	2,3	2,4	4,52
Winddam	AWT(2)2x2000/ 4 kW	VAWT	4	12	2,5	2,56	2 X 5,12
Aircon	Aircon 10 / 10 kw	HAWT	10	11	2,5	7,1	39,6
Fortis Montana	Montana 5,6 kW	HAWT	5,6	17	2,5	5	19,6
Fortis Wind Energy	Passaat 1,4 kW	HAWT	1,4	16	2,5	3,12	7,65
Fuhrländer	FL 30 / 30 kW	HAWT	30	12	2,5	13	133
Fuhrländer	FL 100 / 100 kW	HAWT	100	13	2,5	21	346
Proven Energy Products Ltd	Proven WT 600 / 0,6 kW	HAWT	0,6	10	2,5	2,55	5,11
Proven Energy Products Ltd	Proven WT 6000 / 6 kW	HAWT	6	12	2,5	5,5	23,76
Proven Energy Products Ltd	Proven WT 15000 / 15 kW	HAWT	15	12	2,5	9	63,62
Sviab	Sviab VK 240 / 0,75 kW	HAWT	0,75	12	2,5	2,4	4,91
Travere Industries	TI / 3.2/ 1.6 (1.6kW/h)	HAWT	1,6	10	2,5	3,2	8,04
Travere Industries	TI/6/2.1 (2.1Kw/h)	HAWT	2,1	8	2,5	6	28,27
Marlec Engineering Co Ltd	Rutland 503 / 0,025 kW	HAWT	0,025	10	2,6	0,5	0,196
Marlec Engineering Co Ltd	Rutland 910-3 / 0,09 kW	HAWT	0,09	10	2,6	0,91	0,655
Marlec Engineering Co Ltd	Rutland 913 / 0,09 kW	HAWT	0,09	10	2,6	0,913	0,655
TH Rijswijk, University of Applied Sciences	TH Rijswijk / 5 kW	HAWT	5	10,5	2,75	5	19,6
Travere Industries	TI / 3.6/ 3 (3kW/h)	HAWT	3	12	2,8	3,6	10,18
Windsave	WS 1000 / 1 kW	HAWT	1	12	2,9	1,75	2,41
Ampair	Ampair Pacific Hawk / 0,3 kW	HAWT	0,3	12,6	3	1,2	1,13
ATLANTIS Windkraft	WB 15 / 0,3 kW	HAWT	0,3	10	3	1,5	1,8
ATLANTIS Windkraft	WB 20 / 0,6 kW	HAWT	0,6	10	3	2	3,14
Eoltec	Wind Runner / 25	HAWT	25	12	3	10	78,6

Capítulo 6. ESTUDO DE CASO

Fabricante	Modelo	Tipo aerogerador ⁷ (VAWT /HAWT)	Potência nominal (kW)	Velocidade nominal do vento (m/s)	Velocidade do vento de partida (m/s)	Diâmetro do rotor (m)	Área varrida (m ²)
	kW						
Fortis Wind Energy	Espada / 0,8 kW	HAWT	0,8	14	3	2,2	3,8
Fortis Wind Energy	Alize, 10 kW	HAWT	10	12	3	7	38,5
Gaia - Wind A/S	Gaia / 11 kW	HAWT	11	10	3	13	132
Iskra Wind Turbines	Iskra / 5 kW	HAWT	5	11	3	5,4	22,9
Surface Power Technologies	SP 460W / 0,46 kW	HAWT	0,46	12,5	3	1,4	1,96
Travere Industries	TI/6/5.5 (5.5Kw/h)	HAWT	5,5	10	3	6	28,27
Tulipower	Tulipower / 2,5 kW	HAWT	2,5	10	3	5	19,6
Wind Energy Solutions (WES)	WES5 Tulipo / 2,5 kW	HAWT	2,5	8,5	3	5	19,6
Ecofys	Neoga 3 kW	VAWT	3	14	3,5	2,8	5,5
Ampair	Ampair Pacific Hawk / 0,1 kW	HAWT	0,1	20	3,5	0,928	0,68
Jonica Impianti	Jonica Impianti / 20 kW	HAWT	20	12,5	3,5	8	50,3
Turby B.V.	Turby 2,5 kW	VAWT	2,5	14	4	1,99	5,3
VR & Tech	Telecom Tower / 2 m	VAWT	Mínimo 2,5	8	4	2	Variável
VR & Tech	House tower / 4 m	VAWT	Mínimo 10	8	4	4	Variável
VR & Tech	House tower / 6 m	VAWT	Mínimo 25	8	4	6	Variável
WindWall B.V.	WW 2000 / 2,9 kW	VAWT	2,9	10,5	4	2	10
Eoltec	Siroco / 6 kW	HAWT	6	12	4	5,6	24,7
Gazelle Wind Turbines Ltd	Gazelle / 20 kW	HAWT	20	13	4	11	95
Renewable Devices Swift Turbines	Swift Rooftop / 1,5 kW	HAWT	1,5	12	4	2	3,14
XCO2	XCO2 / 6 kW	VAWT	6	~12,5	4,5	3,1	15,5
Rugged renewables	0,4 kW	VAWT	0,4	12	~4,5	0,8	n/a
Eurowind Small Turbines Ltd	Eurowind / 1,3 kW	VAWT	1,3	12	3 to 4	2,25	4,5
Eurowind Small Turbines Ltd	Eurowind / 5 kW	VAWT	5	12	3 to 4	4,25	17
Eurowind Small Turbines Ltd	Eurowind / 10,8 kW	VAWT	10,8	12	3 to 4	6,26	37
Eurowind Small Turbines Ltd	Eurowind / 19 kW	VAWT	19	12	3 to 4	8,25	66
Eurowind Small Turbines Ltd	Eurowind / 30 kW	VAWT	30	12	3 to 4	10,25	102,5

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Figura 6.8 - Especificações Turbina WRE

Ropatec S.p.a.

VAWT from 0,75 kW to 6 kW.

Contact name: Hannes Riegler
Address: Via Siemens 19
Telephone: +39 0471 568 180
Country : Italy

Ropatec WRE.007 references

Site	Use	Country
Near Bristol	Battery charging for a LNG-station	England
	Demonstration unit on a rooftop	Korea
Ihoshy	Energy supply for a radio station	Madagascar
Hammerfest	Battery charging	Norway

WRE.007 / 0,75 kW

Technical information

		Unit
1) Rated power	0,75	kW
2) Rated wind speed	14	m/s
3) Cut-in wind speed	2	m/s
4) Cut-out wind speed	None	m/s
5) Maximum wind speed the turbine can withstand	> 150	Km/h
DIMENSIONS		
6) Rotor weight	150	kg
7) Rotor diameter	1,5	m
8) Rotor height (for VAWT only)	1,5	m
9) Swept area	2,25	m ²
10) Height of the mast	Not relevant	m
OTHER INFORMATION		
11) Maximum rpm	350	At rated wind speed
12) Gear box type	No gear box – direct driven	
13) Brake system	None	
14) Number of blades	2	
15) Blades material	Aluminium	
16) Output voltage	200	V
17) Minimum operation temperature	- 30	°C
18) Maximum operation temperature	+ 50	°C
19) Acoustic levels at a distance of 20 m ? at nacelle ? (wind = 5 m/s)	Not audible	DB
20) Lifetime	15/20	Years
21) Is the machine self-starting	Yes	
22) Use of an asynchronous generator	No	
23) Yaw control system	Independent of wind direction	
24) Upwind or downwind	Upwind turbine	

Calculated power curve

Wind speed (m/s)	Power* (W)
1	0,32
2	2,54
3	8,56
4	20,28
5	39,62
6	68,46
7	108,71
8	162,28
9	231,05
10	316,94
11	421,85
12	547,68
13	696,33
14	736,27
15	

*power on axis, sea level, temp. 15°C

Power curve:

Fonte: (UrbanWind, 2014)

Para realizar o cálculo da energia gerada no ano com a modelagem da turbina selecionada foi aplicada a equação 6.1, além de ser estimados o fator de forma (k), o fator de escala (c), a velocidade média e o desvio padrão como pode ser observado na tabela 6.4.

$$EG_{turbina_{ano}} [kWh] = \sum [p(v).P(kW)] * 8760 \quad (6.1)$$

(FADIGAS, 2011)

A potência da turbina foi assumida pela informação da curva de potência indicada nas especificações, o valor máximo de potência é alcançado quando a velocidade do vento está em 14 m/s.

Tabela 6.4 - Cálculo de Estimativa da Energia Gerada no ano

		k	desv	Desvp	vm	c			
		2,75	1,98	0,935313	2,3741	2,668002			
v		Weibull	Weibull%		Pturb	Pmedext	FC	EG(ano)	
0	1	0	0		0	0	0,00835	6,246	
1	0,93491	0,173019	17,30193		0,00032	0,005537			
2	0,635902	0,395834	39,58344		0,00254	0,100542			
3	0,251425	0,318193	31,81933		0,00856	0,272373			
4	0,047574	0,099609	9,960912		0,02028	0,202007			
5	0,003605	0,011154	1,115389		0,03962	0,044192			
6	0	0,000394	0,039403		0,06846	0,002698			
7	0	0	0,000383		0,10871	0			
8	0	0	0		0,16228	0			

De acordo com a estimativa realizada com uma turbina poderiam ser gerados ao ano 6,246 kWh, segundo as informações assumidas do anemômetro da EP Elétrica.

A área ocupada por um parque eólico é estimada pela equação 6.2

$$A = \frac{45}{2} D^2 (n + 2) \quad (6.2)$$

Sendo,

A = Área total ocupada pela fazenda eólica (m^2)

D = Diâmetro do rotor da turbina (m)

n = Número de aerogeradores no parque eólico

(FADIGAS, 2011)

No caso do prédio da EP Elétrica

Área do Telhado do prédio = $15.860 m^2$

$$(15.860) = \frac{45}{2} (1,5)^2 (n + 2)$$
$$n = 313$$

Com o número de turbinas calculadas para a área disponível dos telhados da EP Elétrica, segundo a energia calculada para uma turbina, se fosse considerada a energia eólica só, poderia ser gerado ao ano 1.954,99 kWh.

Para a CUASO, o cálculo do número de turbinas corresponde a:

$$(623.022) = \frac{45}{2} (1,5)^2 (n + 2)$$
$$n = 12.305$$

Com o número de turbinas calculadas para a área disponível dos telhados dos prédios e segundo a energia calculada para uma turbina, se fosse considerada a energia eólica só, poderia ser gerado ao ano 76.857,03 kWh.

Deve ser realizado uma análise de distribuição, de peso, de resistência do material do telhado, para encontrar a viabilidade de instalar essa quantidade de turbinas eólicas tanto no prédio da EP Elétrica e nos telhados dos outros prédios da CUASO.

6.4 Potencial Energia Solar

Segundo a avaliação realizada do rendimento da central fotovoltaica da Universidade de São Paulo, Campus Butantã a irradiação global anual é de 1808 kWh/m², e a energia anual média produzida é de 1.425 kWh este dado pode ser observado no Anexo A que corresponde ao relatório do cálculo realizado pela empresa SOLARGIS do dia 22 de fevereiro de 2015.

Conforme a figura 6.9 encontrou-se que a irradiação global horizontal para a coordenada correspondente ao centroide do polígono da cidade universitária é entre 1600 e 1700 kWh/m².

Figura 6.9 - Irradiação Global Horizontal Solar

Fonte: (SOLARGIS, 2015)

Além disso, no sistema WebMap da EPE encontra-se a localização geográfica dos painéis fotovoltaicos instalados no Instituto de Energia e meio ambiente IEE da universidade, como pode ser observado na figura 6.10.

Figura 6.10 - Irradiação Global Horizontal Solar

Fonte: (EPE, 2016)

De acordo com o professor Roberto Zilles, do IEE, dentro da CUASO estão instaladas quatro estações que totalizam 540 kW de potência instalada no campus. As estações estão instaladas três delas no prédio do IEE e outra no Instituto de Estudos Brasileiros (IEB), na Biblioteca Brasileira Guita e José Mindlin.

Para realizar a simulação no Google Sketchup foram utilizadas as camadas em formato shapefile tipo polígono dos prédios da USP Butantã, e foram georreferenciadas no Sketchup para conseguir criar o modelo tridimensional dos edifícios projetando a sombra que ia ser gerada em diferentes horários do dia.

Os parâmetros inseridos para realizar o cálculo da irradiação solar correspondem aos dados de irradiação global diária mensal em plano horizontal definidos pelo CRESESB para a estação de São Paulo, e apresentados na figura 6.11, devido a que o plug-in precisa criar uma serie de dados sintética de irradiação horária para realizar o modelamento da máscara de sombreamento necessária para o cálculo de geração.

Figura 6.11 - Irradiação Solar no Plano Horizontal para São Paulo

Latitude: 23,559307° S

Longitude: 46,727869° O

Estação	Distância (km)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
São Paulo	11,3	4,50	5,00	4,06	3,61	3,19	2,94	3,22	3,72	3,75	4,03	5,00	4,53	3,96	2,06

Fonte: (CRESEB, 2013)

Figura 6.12 - Irradiação Solar no Plano Inclinado para São Paulo

Latitude: 23,5° S

Longitude: 46,637421° O

Angulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal (kWh/m2.dia)													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0°N	4,50	5,00	4,06	3,61	3,19	2,94	3,22	3,72	3,75	4,03	5,00	4,53	3,96	2,06
Ângulo igual a latitude	24°N	4,10	4,77	4,15	4,04	3,91	3,78	4,09	4,36	3,95	3,92	4,59	4,08	4,14	0,98
Maior média anual	21°N	4,17	4,83	4,16	4,01	3,84	3,70	4,01	4,31	3,95	3,96	4,67	4,16	4,15	1,12
Maior mínimo mensal	28°N	3,99	4,67	4,11	4,06	3,98	3,88	4,18	4,42	3,94	3,86	4,47	3,96	4,13	0,81

Fonte: (CRESEB, 2013)

Também foi analisada a irradiação solar no plano inclinado para a Estação localizada no município de São Paulo, conforme a figura 6.12.

Com relação ao valor dos albedos foram utilizados os parâmetros definidos na tabela 6.5, implementada num projeto de pesquisa e publicado no site do portal de energia no Brasil.

Tabela 6.5 - Valores típicos de refletividade de superfície

Superfície	Albedo
Gramado	0,18 – 0,23
Gramma seca	0,28 – 0,32
Solo descampado	0,17
Asfalto	0,15
Concreto novo (sem ação de intempéries)	0,55
Concreto (em construção urbana)	0,2
Neve fresca	0,8 – 0,9
Água, para diferentes valores de altura solar:	
$\alpha > 45^\circ$	0,05
$\alpha = 30^\circ$	0,08
$\alpha = 20^\circ$	0,12
$\alpha = 10^\circ$	0,22

Fonte: Portal Energia, 2015

Na figura 6.13, é apresentado o Modelo Digital do Terreno, com o limite da Cidade Universitária da USP Butantã consultado no Google Earth para facilitar o desenho do modelo tridimensional dos prédios no Google Sketchup.

Figura 6.13 - Modelo Digital do Terreno da Cidade Universitária

Fonte: (Google Earth, 2015)

Na figura 6.14 é apresentado o modelo tridimensional criado para o estudo de Caso (Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira – CUASO) com a geolocalização por meio da imagem de satélite utilizada do Google Maps, e da geolocalização do prédio em específico da EP Elétrica que é apresentado na figura 6.15.

Figura 6.14 - Modelo Desenhado e Geolocalizado no Google Sketchup

Fonte: (Elaboração própria, 2015)

Figura 6.15 – Modelo Tridimensional Prédio EP Elétrica

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Foi necessário verificar a orientação das superfícies da camada dos prédios do modelo tridimensional e inverter a face das superfícies que se encontram de cor vermelha (Centro de Práticas Esportivas da USP, Hospital Universitário, entre outros prédios) para facilitar o funcionamento do plug-in, como pode ser observado na figura 6.16 para a CUASO, no caso da EP Elétrica, foi verificada a orientação como é mostrado na figura 6.17.

Figura 6.16 - Verificação da orientação dos prédios no Google Sketchup

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Figura 6.17 – Modelo Tridimensional Prédio EP Elétrica

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

De acordo com os parâmetros inseridos, e com o desenho tridimensional da EP Elétrica foi utilizado o plug-in SOLAR3DBR para calcular o fator de sombreamento e a energia que poderia ser gerada por um painel fotovoltaico utilizando o telhado do prédio, os resultados são apresentados na tabela 6.6.

Tabela 6.6 - Estimativa Diária Média Mensal Anual (Plug-in SOLAR3DBR)

Estimativa Diária Média Mensal Anual

Ano: 2016
83,068633
Tempo: min
fd: 0,178

Mês	F _s	F _b	HT (kWh/m ²)	HT _s (kWh/m ²)	HDT (kWh/m ²)	HDT _s (kWh/m ²)	E (kWh)	Es (kWh)
1	0,084	0,053	3,818	3,496	2,503	2,239	94000,245	86077,397
2	0,083	0,075	4,103	3,764	1,9	1,708	101001,051	92660,648
3	0,114	0,112	2,901	2,57	2,12	1,859	71416,28	63274,314
4	0,134	0,152	3,199	2,772	1,6	1,388	78761,287	68236,262
5	0,162	0,194	3,201	2,684	1,452	1,242	78795,791	66068,122
6	0,178	0,226	2,71	2,227	1,284	1,093	66721,525	54815,757
7	0,172	0,219	2,684	2,222	1,323	1,13	66088,669	54701,089
8	0,145	0,166	3,93	3,359	1,412	1,223	96749,273	82697,139
9	0,12	0,132	3,393	2,986	1,859	1,631	83530,593	73515,748
10	0,096	0,079	3,381	3,055	2,14	1,897	83232,839	75207,394
11	0,093	0,056	3,275	2,97	2,435	2,165	80634,028	73108,29
12	0,088	0,05	3,168	2,89	2,151	1,915	77981,352	71154,003
Ano	0,12	0,135	3,368	2,964	1,879	1,651	82913,391	72969,948

Fonte: (SOLAR3DBR, 2016)

Para realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico foi selecionado um painel com as seguintes características, conforme a tabela 6.7.

Tabela 6.7 – Especificações Módulo

Eficiência do Painei	15,4%
Máxima Potência (Pm)	0/5 Watts
Dimensões do Painei	(1650X990X35) mm
Peso do módulo	19,1 kg
Código IP da caixa de junção	IP 65
Número de células e tipo	60, Silício Policristalino

Fonte: (NEOSOLAR, 2015)

Foi utilizada a equação 6.3 para calcular a Energia Produzida por um painel.

$$E_p = \text{Insolação diária} * \text{Área módulo} * \text{Eficiência módulo} \quad (6.3)$$

(GRADELA e GAZOLI, 2012)

$$E_p = 4,15 * 1,63 * 0,154$$

$$E_p = 1,0417 \text{ kWh}$$

O distanciamento entre os módulos deve levar em conta a maximização do fator de utilização da área do terreno onde a usina solar é construída. O fator de utilização de área é dado pela equação 6.3.

$$f = \frac{L}{D} \quad (6.3)$$

Em que

f = fator de utilização de área

L = largura do módulo solar

D = largura da área de instalação

(GRADELA e GAZOLI, 2012)

Segundo (GRADELA e GAZOLI, 2012) tipicamente as usinas de energia solar são construídas com um fator de utilização de área entre 35 e 45%. De acordo com as especificações a largura do módulo fotovoltaico é de 0,99 m, então a largura da área de instalação seria de 2,2 m.

Tendo esses valores, e tomando os dados do prédio da Escola Politécnica Elétrica teria-se o seguinte:

Área do Telhado do prédio = 15.860 m^2

Área de instalação do Pannel fotovoltaico com o fator de utilização de área = $3,63 \text{ m}^2$

Número de módulos na área disponível da EP Elétrica = 4.369

Energia diária gerada pelos módulos = 4.551 kWh

Considerou-se um fator de capacidade de 60%, então a energia diária gerada pelos módulos para o prédio da EP Elétrica seria 2730,6 kWh, comparando este valor com o gerado pelo Solar3DBR do Google Sketchup diário 2432,33 kWh, encontra-se uma diferença de 298,27 kWh, devido a que o cálculo realizado foi aproximado.

No caso da CUASO, o número de módulos fotovoltaicos que poderiam ser instalados nos telhados dos prédios das áreas disponíveis correspondem a 171.631, por isso, se fosse considerada a energia solar fotovoltaica só, poderia ser gerado diariamente 107.272,80 kWh.

Deve ser realizada uma análise de pesos, de distribuição e de resistência do telhado para ajustar o número dos módulos que poderiam ser instalados tanto no prédio da EP Elétrica quanto nos outros prédios da CUASO.

6.5 Restrições

Para realizar a análise das restrições foi utilizada a análise espacial através do geoprocessamento, estabelecendo limites, buffer (áreas de influencia) mediante uma distancia que corresponde ao radio máximo do cálculo da área de influencia que deve ser evitado para a instalação de turbinas eólicas e módulos fotovoltaicos.

Devido às condições particulares do Estudo de Caso, foram definidos e classificados na tabela 6.8 os critérios e limites para estabelecer os locais ótimos de geração no campus da USP Butantã, a sigla N.A. significa Não Aplica, os limites foram estabelecidos segundo a pesquisa bibliográfica.

Tabela 6.8 – Critérios e restrições para a CUASO

Tipo Restrição	Tópico	Item	Camada / Variável	Fonte de informação	Limi-te	Observação
Ambiental	Uso do solo	Corpos de agua	Reservatórios, Cursos de Agua	Sistema Atlas	50 m	
		Ambientes naturais, reservas, etc.	Reservas naturais Bosques Árvores (5 m)	Sistema Atlas, Plano Diretor 2013	100 m	
		Áreas florestais	Áreas florestais	Sistema Atlas, Plano Diretor 2013	100 m	
Infraestrut-ura	Distancia a estradas	Estradas	Sistema viário CUASO	Sistema Atlas	N.A.	Próximos a estradas
	Uso do solo	Lugares de interesse	Ponto de ônibus Monumentos Pontes	Sistema Atlas	2 m	
		Terrenos cobertos	Edifício	Sistema Atlas	N.A.	
Técnica	Demanda elétrica	Demanda elétrica	Consumo de energia	Item 6.7	N.A.	
	Distância à rede elétrica	Distância à rede elétrica	Rede Elétrica Poste de Iluminação	Mapa da rede elétrica atual da CUASO, Sistema Atlas	N.A.	Próximos à rede elétrica
	Potencial eólico	Potencial energia eólica	Energia gerada	Anexo cálculo de áreas e potencial	N.A.	
Urbanístic-a	Uso do solo	Prédios projetados	Prédios projetados	Plano Diretor 2013	N.A.	

Tipo Restrição	Tópico	Item	Camada / Variável	Fonte de informação	Limite	Observação
	Uso do solo	Vias projetadas	Vias projetadas	Plano Diretor 2013	N.A.	Exclusão dessas áreas

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

6.5.1 Restrições Ambientais

O mapa da figura 6.21 apresenta as restrições ambientais que formam parte da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, nesse caso correspondem às áreas de reserva natural (vegetação tipo bosque), hidrografia (corpos de água) definidas no Sistema Atlas.

Além da informação desse Sistema, foi utilizada a informação contida na versão preliminar do plano diretor da CUASO 2013 que tem como base o plano diretor da Região de Butantã. Nesse documento são definidas áreas verdes, áreas florestadas e áreas de reserva ambiental.

Aplicando os limites definidos na tabela 6.8, é obtido o mapa da figura 6.19.

Á área disponível depois de aplicar as restrições ambientais é apresentada na figura 6.20.

Figura 6.18 – Camadas Restrições Ambientais

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Figura 6.19 – Aplicação dos critérios (Segundo as Restrições Ambientais)

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Figura 6.20 – Área Disponível (Segundo Restrições Ambientais)

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

6.5.2 Restrições de Infraestrutura

Figura 6.21 – Camadas Restrições Lugares de interesse e áreas de terceiros

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

O mapa da figura 6.21 apresenta as camadas das restrições de infraestrutura que formam parte da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, nesse caso correspondem aos lugares de interesse como pontos de ônibus, prédios de terceiros (IPEN, Marinha, IPT), Sistema viário, mobiliário urbano como abrigos, monumentos.

Aplicando os limites definidos na tabela 6.8, é obtido o mapa da figura 6.22.

Á área disponível depois de aplicar as restrições de infraestrutura é apresentada na figura 6.23.

Figura 6.22 – Aplicação dos critérios (Segundo as Restrições de infraestrutura)

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Figura 6.23 – Área Disponível (Segundo Restrições de Infraestrutura)

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Com relação à rede elétrica atual, foi utilizado o desenho elaborado em AutoCAD pela Prefeitura do Campus, conforme a figura 6.24.

Este Mapa foi utilizado para estabelecer as proximidades à rede que é um dos critérios definido para estabelecer os locais de geração.

Além disso foi calculado o número de módulos fotovoltaicos e de turbinas por área disponível dos prédios, este cálculo pode ser revisado no Anexo Análise de áreas e Cálculo da energia gerada.

Na figura 6.25 é apresentado a distribuição do número de Turbinas eólicas para instalação, pode ser observado que a maioria dos prédios tem uma capacidade de suportar de 39 - 447.

Com relação aos módulos fotovoltaicos encontra-se que a maioria dos edifícios da CUASO poderiam instalar de 264 – 6256 módulos, conforme a figura 6.26.

Figura 6.25 – Número Turbinas Eólicas Estimadas para Instalação

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Figura 6.26 – Número Turbinas Eólicas Estimadas para Instalação

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

6.5.4 Restrições Urbanísticas

Figura 6.27 - Plano Diretor CUASO 2013

Fonte: (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2013)

Neste item foi analisado a proposta inicial do plano diretor CUASO 2013 como restrições urbanísticas, de ocupação do solo, segundo a normatividade.

A figura 6.27 corresponde ao mapa da implantação Geral do Plano Diretor CUASO 2013, nesse mapa encontram-se como restrições as áreas que correspondem aos prédios projetados (futuras construções), vias projetadas (futuras vias), às áreas destinadas a novos acessos ao campus projetados.

O cálculo do mapa das restrições foi realizado por meio da operação geográfica sobreposição (overlay), tendo como resultado o mapa da figura 6.28. A área total disponível em terreno corresponde a 496.686,25 m² para instalações em terra e não nos telhados como foi calculado nos itens 6.3 e 6.4.

Por conseguinte, a energia eólica adicional que poderia ser gerada corresponde a:

$$(496.686,25) = \frac{45}{2} (1,5)^2 (n + 2)$$
$$n = 9.809$$

Com o número de turbinas calculadas para a área disponível do terreno e segundo a energia calculada para uma turbina, se fosse considerada a energia eólica só, poderia ser gerado ao ano 61.267 kWh.

Quanto à energia Solar, a energia gerada ao ano seria:

Área do Terreno da CUASO = 496.686,25 m²

Área de instalação do Painele fotovoltaico com o fator de utilização de área = 3,63 m²

Número de módulos na área disponível da CUASO = 136.828

Energia diária gerada pelos módulos = 142.533,90 kWh

Considerou-se um fator de capacidade de 60%, então a energia diária gerada pelos módulos para o a CUASO seria 85.520,34 kWh

Nas figuras 6.29 e 6.30 é apresentado o potencial de energia eólica e solar, respetivamente.

Figura 6.28 – Áreas Disponíveis Sem Restrições

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Figura 6.29 – Potencial Eólico – Estimativa da Energia Anual Gerada por prédio em kWh

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Figura 6.30 – Potencial Solar – Estimativa da Energia Anual Gerada por prédio em kWh

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

6.6 Análise do Consumo de Energia Elétrica

Com base nos dados históricos do Sistema Conta Luz, fornecidos pelo grupo do Programa Permanente para o Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e Energéticos (PUERHE) foram analisados os consumos do prédio da Escola Politécnica Elétrica para os anos 2007, 2008 e 2009 e foi gerado o consumo meio diário por ano, conforme a figura 6.31 e o consumo mensal que pode ser observado na figura 6.32.

Figura 6.31 - Consumo meio diario Prédio EP Elétrica em kWh

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Nos meses de fevereiro, março, outubro e novembro é evidente um alto consumo de energia elétrica durante os diferentes anos, isso pode ser devido a que são os meses com temperaturas mais elevadas do ano, é dizer, é utilizado o ar condicionado por períodos maiores de tempo, implicando uma maior consumo de energia já que este equipamentos precisam de mais energia para seu funcionamento.

Figura 6.32 - Consumo Mensal Prédio EP Elétrica em kWh

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Quando é analisado o consumo mensal os meses que apresentam maior consumo correspondem a fevereiro, março, setembro e outubro.

No anexo Consumo diário por mês para os anos 2007, 2008 e 2009 se encontra a informação detalhada para o prédio da EP Elétrica.

Analisando a estimativa de produção da energia solar no prédio da EP Elétrica poderia ser gerada 996.669 kWh no ano comparado com o consumo anual projetado para o 2016 (2.186.144 kWh), poderia ser suprido um 45% da demanda de energia no prédio.

Se fosse contemplada a geração de energia eólica no prédio da Escola Politécnica Elétrica a estimativa da produção seria de 1.954,99 kWh no ano comparado com o consumo anual projetado para o 2016 (2.186.144 kWh), poderia ser suprido um 0,0009% da demanda de energia no prédio.

Com relação ao Consumo total da CUASO foi gerada a tabela 6.9 desde o ano 2008 até o ano 2016 por mês.

Tabela 6.9 - Histórico de Unidades Consumidoras (UC) em kWh CUASO

Mês	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Janeiro	4.674.71 3	5.528.57 9	6.040.1 37	5.984.2 19	5.819.4 91	6.272.8 00	7.811.1 44	7.672.6 87	6.590.1 17
Fevereiro	5.926.79 5	5.668.55 8	6.260.4 78	6.531.0 21	6.598.4 47	5.678.5 88	7.945.3 00	6.593.7 01	7.244.4 57
Março	6.494.95 6	7.204.84 4	7.370.5 98	6.668.1 95	7.528.5 22	7.296.8 05	7.952.6 76	7.852.3 23	7.909.6 96
Abril	5.695.79 6	5.929.46 6	6.312.5 62	6.385.3 96	6.517.6 83	7.030.1 99	7.361.9 06	6.965.3 79	7.734.7 25
Maio	6.103.27 1	5.849.51 6	6.100.5 15	6.259.5 74	6.440.2 33	6.882.4 35	6.941.7 34	6.760.9 63	6.348.4 82
Junho	5.424.08 6	5.315.73 8	5.397.6 73	5.811.3 19	5.975.1 63	6.546.9 87	6.138.2 63	6.395.5 07	5.910.7 42
Julho	5.510.23 4	5.497.97 7	5.533.9 12	5.661.8 42	5.892.9 62	6.244.7 04	6.281.7 94	6.286.6 47	5.917.2 34
Agosto	5.860.03 8	5.772.15 4	6.157.4 24	6.354.4 72	6.615.9 16	6.813.2 49	6.359.5 07	6.908.8 38	6.424.4 97
Setembro	6.208.82 7	6.044.37 6	6.055.8 20	5.969.3 88	6.347.3 52	6.784.0 49	6.833.3 85	7.026.6 48	6.330.9 67
Outubro	6.545.75 4	6.188.55 3	6.033.1 60	6.312.3 68	7.317.9 88	7.296.0 24	7.756.7 11	7.478.4 89	6.822.6 84
Novembro	5.872.01 4	6.928.45 6	6.264.7 04	6.088.0 13	6.490.8 13	7.176.1 26	7.239.9 62	7.217.9 06	
Dezembro	5.500.77 3	5.972.62 0	6.253.1 61	6.026.4 74	6.696.0 72	7.007.6 80	6.971.1 36	6.894.8 21	

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Na figura 6.33 nota-se que nos primeiros meses (janeiro, fevereiro, março) do ano 2014 o consumo foi maior do esperado, situação similar acontece com o ano 2016 que em meses como abril aumentou de forma considerável, ao igual que no ano 2015 para o mês de janeiro, fevereiro e março. Estes aumentos podem ser pelos períodos de calor vivenciados nesses meses e devido ao uso de electrodomesticos que consomem mais energia.

Figura 6.33 - Gráfico do Consumo Total (kWh) por ano CUASO

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

Analisando a figura 6.34 que corresponde ao consumo total, destaca-se que o consumo tem aumentado em maior proporção nos últimos 3 anos (2013, 2014 e 2015) isso deve-se a que na cidade de São Paulo tem aumentado a temperatura em uma medida grande.

Figura 6.34 - Histórico Consumo Total Anual CUASO

Fonte: (Elaboração própria, 2016)

6.7 Análise de Resultados

Com relação ao potencial de energia solar e eólica foram modeladas e assumidas a turbina e o módulo fotovoltaico que suprisse as necessidades segundo a irradiação, velocidade do vento e outras características que influenciavam no estudo de caso.

A partir da informação calculada e obtida por meio da pesquisa, foram gerados mapas das restrições e de potencial solar e eólico e dos locais ótimos para geração de energia por fontes renováveis (solar e eólica) na USP Butantã.

Segundo a estimativa calculada para utilizar as áreas dos telhados, com a energia eólica só poderia ser gerado no ano 76.857,03 kWh e com energia solar 39.154.572 kWh o que significaria um auxílio do suprimento da demanda de energia da CUASO do ordem de 0,09% no caso da eólica e de 45,53% no caso da solar.

De acordo com a estimativa para utilizar as áreas de terreno sem restrições, poderia ser gerado adicionalmente no ano 61.267 kWh de fonte eólica, no caso da energia solar 31.214.924 kWh no ano, o que significa um suprimento da demanda do 0,07% para eólica e 36,30% para solar.

No caso de utilizar o potencial total, tanto dos telhados quanto da área disponível do terreno sem restrições o total seria para energia eólica 138.124,03 kWh e para energia solar 70.369.496 kWh o que representa 0,16% do consumo de energia dentro da USP Campus Butantã para eólica e para solar o que significaria 82%.

7 CONCLUSÕES

O principal resultado de este projeto de pesquisa corresponde ao desenho da metodologia para realizar a análise espacial apoiado em geoprocessamento que permitiu calcular a área de terreno onde podem ser instalados neste caso turbinas eólicas ou módulos fotovoltaicos na zona urbana. Essa metodologia foi baseada na pesquisa bibliográfica, e pode ser adaptada para qualquer fonte de energia, em termos gerais pode ser aplicada em qualquer local para o levantamento do potencial de energia solar e eólica.

O Geoprocessamento foi a ferramenta base e de apoio para gerar as análises com relação às proximidades, cálculos de áreas e geração dos mapas que são produto dessa pesquisa.

Esta pesquisa consistiu em um estudo multidisciplinar que facilita a escolha dos locais de geração de energia por fonte (solar e eólica) e serve de base para incentivar a geração distribuída para auxiliar no suprimento da demanda dos prédios, na área do estudo de caso ou em qualquer outro local.

Com base na pesquisa bibliográfica e na particularidade do estudo de caso foram determinadas as variáveis que influenciavam na determinação dos locais propícios para geração de energia eólica e solar na Cidade Universitária, adaptando os limites encontrados no estado da arte realizado à particularidade da CUASO.

Foi determinada a factibilidade da geração de energia renovável (solar e eólica) na CUASO, apoiada no levantamento de recursos energéticos disponível, especificamente os dados de irradiação solar e da velocidade do vento utilizando como ferramentas de tratamento e análise o geoprocessamento, especificamente sobreposição de camadas e operações como interseção de camadas.

7.1 Trabalhos Futuros

Uma das possibilidades de ser desenvolvida nos próximos estudos consiste em utilizar a análise multicriterial definido na pesquisa bibliográfica para a geração por outras fontes de energia, apoiando na otimização e priorização dos critérios definidos para a seleção dos lugares ótimos de geração e com isso facilitar a tomada de decisões.

Além disso, pode ser estudado a fundo questões como os custos de investimento comparado com as tarifas para realizar uma análise econômica levando em conta variáveis técnicas como a distribuição do vento, a rugosidade do terreno, a inclinação dos módulos fotovoltaicos, entre outros.

Outro dos temas a ser desenvolvido a partir deste projeto de pesquisa é a análise de peso, distribuição para ter a estimativa exata da quantidade de módulos fotovoltaicos e de turbinas que poderão ser instaladas nos telhados dos prédios.

Uma análise do sombreamento por edificações arvores e outros obstáculos que interferem na geração de energia solar pode ser realizado para complementar este projeto de pesquisa.

A avaliação da curva de demanda para contemplar a possibilidade de armazenar energia em horários de maior consumo é outro tema que poderia ser desenvolvido.

REFERÊNCIAS

ABU-TAHA, R. **Multi-criteria Applications in Renewable Energy Analysis: A Literature Review**. Technology Management in the Energy Smart World. Portland: IEEE. 2011. p. 1-8.

ANEEL. **SIGEL - Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico**, 2010. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/org/aipim/help/index.html>>. Acesso em: Maio 2015.

ARNETTE, A. N. **A Spatial Decision Support System for the Development of Multi-Source Renewable Energy Systems**. Blacksburg: Doctoral Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, 2010. 154 p.

BAESSO GRIMONI, J. A.; RIBEIRO GALVÃO, L. C.; MORALES UDAETA, M. E. **INICIAÇÃO A CONCEITOS DE SISTEMAS ENERGÉTICOS PARA O DESENVOLVIMENTO LIMPO**. São Paulo: EDUSP, 2004. 307 p.

BARIN, A. et al. **Multicriteria Decision Making for Management of Storage Energy Technologies on Renewable Hybrid Systems - The Analytic Hierarchy Process and The Fuzzy Logic**. Energy Market. 6th International Conference on the European. Leuven: IEEE. 2009. p. 1-6.

BELICO DOS REIS, L.; SEMIDA, S. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: EdUSP, 2001. 284 p.

BIBERACHER, M. GIS-based modeling approach for energy systems. **International Journal of Energy Sector Management**, v. 2, n. 3, p. 368-384, January 2008.

BRASIL. **Convênio ICMS 101/97**. CONFAZ. Concede isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 18 dez. 1997, Sec. 1, p. 174.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei no 11.488, de 15 de Junho de 2007.** Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura - REIDI; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 15 jun. 2007, Sec. 1, p. 2.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. EPE. **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília. Disponível em <http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>. Acesso em: Julho, 2014.

CÂMARA, G. et al. Divisão de Processamento de Imagens - INPE. **Introdução à Ciência da Geoinformação**, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: Setembro 2014.

DREWS, L. V. **Multi-Criteria GIS Analysis for Siting of Small Wind Power Plants - A Case Study from Berlin.** Lund: Master degree thesis. Lund University, 2012. 134 p.

EPIA. **Global Market Outlook for photovoltaics 2014 - 2018**, 2014

FALCÃO, J. et al. softwarelivre. **Estudo sobre o Software Livre**, 2005. Disponível em: <<http://www.softwarelivre.gov.br/documentos-oficiais/estudo-sobre-o-software-livre>>. Acesso em: Março 2015.

FOOTE, K. E.; LYNCH, M. University of Colorado. **GIS as an integrating technology context, concept and definitions in the Geographer's Craft Project**, 2012. Disponível em: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/intro/intro_f.html>. Acesso em: Dezembro 2013.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **ENERGIA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO.** Segunda. ed. São Paulo: EDUSP, 2002. 400 p.

REFERÊNCIAS

GRADELIA VILLAVA, M. **Energia Solar Fotovoltaica, Conceitos e aplicações**. São Paulo: Erica Ltda, 2013. 224 p.

GVSIG ASSOCIATION. gvSIG. **gvSIG: tecnologias e soluções livres para trabalhar com informação geográfica**, 2009. Disponível em: <<http://www.gvsig.com/pt/produtos>>. Acesso em: Fevereiro 2015.

GWEC. **Global Wind Energy Outlook 2014**. [s.l.] GWEC, 2014. Disponível em: <http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014_WEB.pdf>. Acesso em: 9 set. 2015.

HALLAM, C. R. A. et al. **GIS decision model for global replication of hybrid closed-loop renewable energy systems**. Technology Management for Emerging Technologies (PICMET). Vancouver: IEEE. 2012. p. 2832-2841.

HE, G. **The Application of Geographic Information System in Operation Analysis of China New Energy Resources**. Symposium on Computer Applications and Communications. Weihai: IEEE. 2014. p. 147-150.

IDRIS, R.; LATIF, Z. A. **GIS Multi-Criteria For Power Plant Site Selection**. Control and System Graduate Research Colloquium. Selangor: IEEE. 2012. p. 203-206.

IEA PVPS. **Trends 2015 in Photovoltaics Applications - Report IEA-PVPS T1-7:2015**, 2015. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/E5FD5B8E-129A-4FF8-99ADD4131B92F000/FinalDownload/DownloadId-507D074573DFFD44FADEF6D1CA488911/E5FD5B8E-129A-4FF8-99ADD4131B92F000/fileadmin/dam/public/report/national/IEA-PVPS_-_Trends_2015_-_MedRes.pdf>

IEA PVPS. **Trends 2014 in PV Applications - Report IEA-PVPS T1-25:2014**, 2014.

IRENA; CEM. **Renewable Energy Auctions - A Guide to Design**. Abu Dhabi:

IRENA, 2015. Disponível em:

<<http://www.irena.org/menu/index.aspx?mnu=Subcat&PriMenuID=36&CatID=141&SubcatID=603>>.

JANUZZI, G. M.; SWISHER, J. N. **Planejamento Integrado de Recursos**

Energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis.

Campinas: Editora Autores Associados, 1997. 246 p.

LAHAISE, C.; POZZEBON, M. Campi sustentáveis. **GV Executive**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 30-35, Janeiro - Junho 2010.

LENGLER FRANCHINI, R. A. **Elaboração de um SIG para auxílio na gestão costeira dos recursos energéticos não renováveis do sul da planície costeira do Sul do RS**. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, 2014. 68 p.

LI, You. **APPLICATION OF GIS TOOLS IN LOCATING ONSHORE WIND POWER PLANTS – A CASE STUDY OF VÄSTMANLAND COUNTY, SWEDEN.**

STOCKHOLM: Master of Science Thesis. KTH Environmental Engineering and Sustainable Infrastructure, 2013. 52 p

LIU, G. et al. **AHP and fuzzy assesment based sustainability indicator for hybrid renewable energy system**. Universities Power Engineering Conference.

Christchurch: IEEE. 2010. p. 1-6.

MELO, E. G. D. **Geração Solar Fotovoltaica: estimativa do fator de sombreamento e irradiação em modelos tridimensionais de edificações.**

(Dissertação). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. 130 p.

REFERÊNCIAS

MENTIS, D. **Wind Energy Assessment in Africa A GIS-based approach.**

STOCKHOLM: Master of Science Thesis. KTH School of Industrial Engineering and Management, 2013. 77 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Meio Ambiente. **Software livre para Geoprocessamento**, 2005. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/geoprocessamento/item/893>>.

Acesso em: Dezembro 2014.

MORALES UDAETA, M. E. **PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS ENERGÉTICOS - PIR - PARA O SETOR ELÉTRICO (pensando o**

desenvolvimento sustentável). São Paulo: Tese de Doutorado Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997. 353 p.

MORALES UDAETA, M. E. et al. Seeds. **ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM INSTRUMENTO DE ANÁLISE DE INFORMAÇÕES ENERGÉTICAS**

GEOGRAFICAMENTE REFERENCIADAS, 2004. Disponível em:

<http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/CBPE2004_MiguelUdaeta4.pdf>. Acesso em:

Agosto 2014.

OLUWAYEMISI ALABI, O. **AN INVESTIGATION ON USING GIS TO PROSPECT FOR RENEWABLE ENERGY IN NIGERIA.** Kansas City: Doctoral Thesis. University

of Missouri-Kansas City, 2010. 113 p.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Dados Técnicos - SINDAT**, 2014. Disponível em:

<http://www.ons.org.br/conheca_sistema/dados_tecnicos.aspx>. Acesso em: Maio

2015.

PILLAI, U. **Drivers of cost reduction in solar photovoltaics.** Energy Economics, v. 50, p. 286–293, jul. 2015.

PULIDO, B. et al. **GIS-based DSS for optimal placement for oceanic power generation**: OCEANLIDER project, Spanish coastline study. International Conference on Renewable Energy Research and Applications. Madrid: IEEE. 2013. p. 137-142.

QUIJANO, R.; BOTERO, S.; DOMINGUEZ, J. MODERGIS application: Integrated simulation platform to promote and develop renewable sustainable energy plans, Colombian case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 7, p. 5176-5187, June 2012.

REN21. **Renewables 2015 - Global Status Report**, 2015.

RIBEIRO GALVÃO, L. C. et al. **INTRODUÇÃO DE FERRAMENTAS SIG NO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. São Paulo, p. 1518-1524. 2003.

RUMBAYAN, M.; NAGASAKA, K. **Priorization Decision for Renewable Energy Development Using Analytic Hierarchy Process and Geographic Information System**. Proceedings of the 2012 International Conference on Advanced Mechatronic System. Tokyo: IEEE. 2012. p. 36-41.

SANCHEZ LOZANO, J. M. **BÚSQUEDA Y EVALUACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS ÓPTIMOS PARA ALBERGAR INSTALACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA COSTA DE LA REGIÓN DE MURCIA COMBINACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) Y SOFT COMPUTING**. Cartagena: Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, 2012. 400 p.

SCUSSEL, A. MundoGeo. **Artigo aborda o Smart Grid em concessionárias de energia**, 2012. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2012/03/26/saiba-mais-sobre-gestao-de-ativos-em-concessionarias-de-energia/>>. Acesso em: Novembro 2012.

SOLARPOWER EUROPE. Materials Availability: SUSTAINABILITY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<http://www.solarpowereurope.org/index.php?elD=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1458684192&hash=5faa0936166dd2f7b8d742d0c1660187efa2b138&file=fileadmin/user_upload/documents/Policy_Papers/Fact_Sheets/SPE_Fact_sheet_on_Materials_Availability_1.pdf>. Acesso em: março 2016.

SUNAK, Y. et al. A GIS-based Decision Support System for the Optimal Siting of Wind Farm Projects . Disponível em: [https://www.eonerc.rwth-](https://www.eonerc.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaansgil&download=1)

[aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaansgil&download=1](https://www.eonerc.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaansgil&download=1). Acesso em: outubro 2015.

TOSKANO HURTADO, G. B. El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores, 2005.

Disponível em:

<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap3.pdf>.

Acesso em: Junho 2014.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Superintendencia do Espaço Físico, 2013.

Disponível em:

<http://myrtus.uspnet.usp.br/sef/index.php/projetos_e_obras/projetos_especiais_mostar/37>. Acesso em: Dezembro 2014.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Prefeitura do Campus USP da Capital, 2014.

Disponível em: <http://www.puspc.usp.br/?page_id=3911>. Acesso em: Maio 2015.

WAKEYAMA, T.; EHARA, S. Potential Estimation of Renewable Energy

Resource in Tohoku Area and Tokyo metropolitan, Japan. International

Conference on Environmental Engineering and Applications. Singapore: IEEE. 2010. p. 44-48.

WEB XYZ. Gespaço, 2013. Disponível em: <<http://www.gespaco.com.br/atlas-usp>>.

Acesso em: Dezembro 2015.

REFERÊNCIAS

XIANPING, L.; LIAO, S. **Application of Multi-hierarchical Fuzzy AHP Comprehensive Evaluation on Economical Campus Evaluation**. International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application. Changsha: IEEE. 2010. p. 359-363.

XINHUALONG; XINJUNFENG; LIU, Y. **Decision support system of site selection of utilization of the offshore wind energy based on GIS**. International Conference Management and Service Science. Wuhan: IEEE. 2009. p. 1-4.

YUE, C.-D.; GWO-LIANG, Y. G. Decision support system for exploiting local renewable energy sources: A case study of the Chigu area of southwestern Taiwan. **Energy Police**, v. 35, n. 1, p. 383-394, January 2007.

Anexos

Anexo A. Relatório pvPlanner

pvPlanner

AVALIAÇÃO DE RENDIMENTO DA CENTRAL FOTOVOLTAICA

Relatório número: PV-10568-1502-4
Emitido em: 22 de Fevereiro de 2015 13:31 (UTC)

1. Informação do local

Nome do local: São Paulo, Brasil

Coordenadas: 23° 33' 40.85" S, 46° 43' 50.8" W
Altitude: 753 m
Inclinação do local: 10°
Orientação azimut.: 2° norte

Irradiação global horizontal anual: **1808 kWh/m²**
Temperatura ambiente anual a 2 m: **18.6 °C**

2. Descrição do sistema fotovoltaico

Potência instalada: **1.0 kWp**
Tipo de módulos: silício cristalino (c-Si)
Estrutura: **estrutura fixa, fixa independente**
Azimute/Inclinação: **0° (norte) / 24°**
Efic. (Euro) Inversor: 97.5%
Perdas CC/CA: 5.5% / 1.5%
Disponibilidade: 99.0%

Energia Anual Média Produzida: **1425 kWh**
Performance Ratio médio: **78.6%**

Localização no Mapa: <http://solargis.info/imaps/#loc=-23.5613466166,-46.7307785149&tl=Google:Satellite&z=14>

3. Localização Geográfica

Google Maps © 2015 Google

4. Horizonte topográfico e altitude solar

Esquerda: Caminho solar anual. O horizonte topográfico (a cinza) e o horizonte do módulo (a azul) pode dar lugar a sombreamento. Os pontos pretos mostram o fuso horário solar verdadeiro. As etiquetas vermelhas e azuis mostram o fuso horário local no verão e no inverno, respectivamente.

Direita: Duração do dia e ângulo zenital ao longo do ano. Se a duração do dia local (n.º de horas em que o sol está acima do horizonte) é inferior à duração do dia astronómico.

Local: São Paulo, Brasil, lat/lon: -23.5613°/-46.7308°
Sistema FV: 1.0 kWp, silício cristalino, fixa, azim. 0° (norte), inclinação 24°

5. Irradiação global horizontal e temperatura ambiente - referência climática

Mês	Gh _m	Gh _d	Dh _d	T ₂₄
Jan	155	5.01	2.76	21.1
Fev	152	5.43	2.62	21.1
Mar	152	4.89	2.29	20.4
Abr	131	4.37	1.84	19.0
Mai	115	3.71	1.49	16.2
Jun	104	3.47	1.31	15.7
Jul	110	3.55	1.27	15.4
Ago	138	4.46	1.56	16.7
Set	137	4.56	2.02	17.7
Out	155	4.99	2.40	19.2
Nov	161	5.37	2.65	19.8
Dez	170	5.50	2.84	20.7
ano	1680	4.60	2.09	18.6

Médias anuais a longo prazo:

Gh_m Irradiação global mensal [kWh/m²]
Gh_d Irradiação global diária [kWh/m²]
Dh_d Irradiação difusa diária [kWh/m²]
T₂₄ Temperatura ambiente diária (diurna) [°C]

6. Irradiação global no plano inclinado

Superfície fixa, azimute 0° (norte), inclinação. 24°

Mês	Gi _m	Gi _d	Di _d	Ri _d	Sh _{loss}
Jan	143	4.63	2.62	0.03	0.3
Fev	148	5.28	2.57	0.03	0.2
Mar	160	5.16	2.34	0.03	0.2
Abr	152	5.06	1.97	0.02	0.2
Mai	145	4.68	1.66	0.02	0.2
Jun	138	4.62	1.50	0.02	0.2
Jul	144	4.65	1.43	0.02	0.2
Ago	168	5.42	1.73	0.02	0.1
Set	149	4.97	2.09	0.02	0.2
Out	155	4.99	2.38	0.03	0.2
Nov	151	5.03	2.54	0.03	0.2
Dez	155	4.98	2.67	0.03	0.2
ano	1808	4.95	2.12	0.02	0.2

Médias mensais a longo prazo:

Gi_m Irradiação global mensal [kWh/m²]
Gi_d Irradiação global diária [kWh/m²]
Di_d Irradiação difusa diária [kWh/m²]
Ri_d Irradiação reflectida diária [kWh/m²]

Sh_{loss} Perdas de irradiação global por sombreamento topográfico (de terreno) [%]

Irradiação global anual média para diferentes tipos de superfície:

	kWh/m ²	relativo à inclinação óptima
Horizontal	1681	93.0%
Inclinação óptima (24°)	1808	100.0%
Seguimento a 2 eixos	2256	124.8%
Sua opção	1808	100.0%

Local: São Paulo, Brasil, lat/lon: -23.5613°/-46.7308°
Sistema FV: 1.0 kWp, silício cristalino, fixa, azim. 0° (norte), inclinação 24°

7. Energia Produzida FV inicial

Mês	E_{s_m}	E_{s_d}	E_{t_m}	E_{share}	PR
Jan	111	3.59	111	7.8	77.5
Fev	115	4.11	115	8.1	77.7
Mar	124	4.03	125	8.8	78.0
Abr	120	4.00	120	8.4	78.8
Mai	116	3.76	117	8.2	80.2
Jun	111	3.73	112	7.8	80.6
Jul	116	3.74	116	8.1	80.4
Ago	133	4.31	134	9.4	79.3
Set	117	3.92	118	8.3	78.6
Out	120	3.89	121	8.5	77.8
Nov	117	3.91	117	8.2	77.7
Dez	120	3.87	120	8.4	77.5
ano	1424	3.90	1425	100.0	78.6

Médias mensais a longo prazo:

E_{s_m}	Produção de energia específica mensal total [kWh/kWp]	E_{share}	Percentagem mensal de energia total produzida [%]
E_{s_d}	Produção específica de energia diária total [kWh/kWp]	PR	Performance Ratio [%]
E_{t_m}	Produção específica de energia mensal total [kWh]		

8. Perdas e Performance Ratio

Fase na conversão de energia	Energia produzida	Perdas	Perdas	Performance Ratio	
	[kWh/kWp]	[kWh/kWp]	[%]	[parcial %]	[acumul. %]
1. Irrad. global incidente na superfície (entrada)	1812	-	-	100.0	100.0
2. Irrad. global reduzida por sombreamento topográfico (de terreno)	1808	-4	-0.2	99.8	99.8
3. Irrad. global reduzida por refração	1755	-53	-2.9	97.1	96.9
4. Conversão CC nos módulos	1586	-169	-9.6	90.4	87.5
5. Outras perdas CC	1498	-88	-5.5	94.5	82.7
6. Inversores (conversão CC/CA)	1461	-37	-2.5	97.5	80.6
7. Perdas CA de transformador e cabos	1439	-22	-1.5	98.5	79.4
8. Disponibilidade reduzida	1425	-14	-1.0	99.0	78.6
Performance Ratio total do sistema	1425	-387	-21.4	-	78.6

Etapas de conversão de energia e perdas:

1. Produção inicial assumida em condições standard de teste (STC),
2. Redução de irradiação global no plano devido a sombreamento da linha de horizonte e dos módulos.
3. Proporção de irradiação global afectada pela superfície dos módulos (vidro),
4. Perdas dos módulos FV devido à conversão de irradiação solar em electricidade CC; Desvio de eficiência do módulo das condições STC,
5. Perdas CC: este ponto integra o efeito de incompatibilidade entre módulos, o efeito de joule nos cabos, por sujidade, neve e poeira, e sombreamento entre fileiras de módulos,
6. Este ponto considera a eficiência europeia do inversor para obter um valor aproximado das perdas,
7. Perdas em CA do transformador e cablagem (quando aplicável) dependem da arquitectura do sistema,
8. Disponibilidade inclui as perdas de indisponibilidade de equipamentos devido a manutenção ou falhas.

As perdas nos pontos 2, 3 e 4 são numéricas e modeladas pelo pvPlanner. As perdas nos pontos 5, 6, 7 e 8 são dimensionadas pelo utilizador. O modelo de simulação tem incertezas inerentes que não podem ser discutidas neste relatório. Pode ler mais informações acerca de métodos de simulação e incertezas associadas no <http://solargis.info/doc/pvplanner/>.

Local: São Paulo, Brasil, lat/lon: -23.5613°/-46.7308°
Sistema FV: 1.0 kWp, silício cristalino, fixa, azim. 0° (norte), inclinação 24°

9. SolarGIS v1.8 - descrição da base de dados

SolarGIS é uma base de dados climática de alta resolução operada por GeoModel Solar. Os dados principais incluem a irradiação solar, dados de temperatura e de terreno (elevação, Horizonte) do ar.

Temperatura ambiente a 2 m: desenvolvido por CFSR e GFS (© NOAA NCEP); anos: 1994 - 2011; valores a cada 15 minutos. Os dados foram tratados espacialmente (a resolução de 1 km) para incluir a informação topográfica do terreno.

Irradiação solar: obtida a partir dos dados atmosféricos e de satélite:

- Meteosat PRIME satélite (© EUMETSAT, Alemanha) 1994 - 2010, os valores de 15 minutos ou 30 minutos para a Europa, África e Oriente Médio,
- Meteosat IODC satélite (© EUMETSAT, Alemanha) 1999 - 2011, 30 - valores minuto para a Ásia,
- GOES EAST satélite (© NOAA, USA) 1999 - 2011, 30 minutos, parcialmente três valores horários para Américas,
- MACC (© ECMWF, UK) 2003 - 2013, dados atmosféricos,
- GFS (© NOAA, USA), 1994 - 2013, dados atmosféricos.

Esta estimativa presuppõe termos 365 dias no ano. Desvios ocasionais nos cálculos podem ocorrer como resultado de matemática arredondamento e não podem ser considerados como um defeito de algoritmos. Mais informações sobre os dados aplicados, incerteza e algoritmos podem ser encontradas em: <http://solargis.info/doc/pvplanner/>.

10. Prestador de serviços

GeoModel Solar s.r.o. , Milana Marečka 3, 84107 Bratislava, Eslováquia; Identificação de Prestador: 45 354 766, NIF: SK2022962766; Registro: Registro comercial, Tribunal de Distrito Bratislava I, Secção Sro, Arquivo 62765/B

11. Modo de usar

Este relatório mostra a estimativa de energia solar na fase de start-up de um sistema fotovoltaico. As estimativas são suficientemente precisas para sistemas de pequeno e médio porte PV. Para as simulações de rastreamento de sol, apenas opções teóricas são mostrados sem considerar backtracking e sombreamento. Para grandes projetos de planejamento e financiamento, mais informações serão necessárias:

1. Distribuição estatística e incerteza da irradiação solar.
2. Especificação detalhada do sistema FV
3. Variabilidade interanual e incerteza P90 de produção FV
4. Produção de energia tendo em conta a degradação dos componentes que compõem o sistema FV.

Pode obter mais informações sobre a avaliação de rendimento FV em: <http://solargis.info/doc/8>.

12. Isenção de responsabilidade e informações legais

Dada a variabilidade do clima, inter anual e a longo prazo, bem como a incerteza associada a este tipo de medições e estimativas, a GeoModel Solar, não poderá garantir a precisão das estimativas. Foi feita a melhor avaliação possível na análise das condições climáticas tendo como base os melhores dados disponíveis, software e conhecimento. GeoModel Solar não poderá ser responsabilizada directa ou indirectamente, por danos acidentais, consequências ou punitivos que possam vir a surgir devido à utilização deste relatório.

Este relatório tem direitos reservados a © 2015 GeoModel Solar, todos os direitos reservados.
SolarGIS® é uma marca registada de GeoModel Solar

13. Informação de contacto

Este relatório foi criado por Ms. Natalia Rebello, Teodoro Sampaio, 05405000, São Paulo, Brazil.

Este documento é assinado eletronicamente por GeoModel Solar. A autenticidade deste relatório pode ser verificado aqui:
<http://solargis.info/doc/120>

Anexo B. Levantamento de Informações Geográficas

Para o Brasil pode ser utilizada a cartografia Base disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

Cartografia Base Brasil IBGE
AG_EDIFICACAO
AG_GARIMPO
AG_MINA
AG_POSTO_INDIGENA
AG_USINA
HD_QUEDA_DAGUA_PONTO
HD_RECIFE_PONTO
HD_SUMIDOURO
HP_ELEMENTO_FISIOGRAFICO_NATURAL
HP_PONTO_COTADO_ALTIMETRIA
HP_PONTO_COTADO_PROFUNDIDADE
HP_PRAIA
LC_ALDEIA_INDIGENA
LC_CAPITAL_ESTADUAL
LC_CAPITAL_FEDERAL
LC_CIDADE
LC_OUTRAS_LOCALIDADES
LC_POVOADO
LC_VILA
LM_MARCO_DE_LIMITE
LM_TERRA_INDIGENA_PONTO
PR_EP
PR_ESTACAO_METEOROLOGICA
PR_PONTOS_EXTREMOS
PR_RBMC
PR_RMPG
PR_RN
PR_SAT_GPS
PR_VT
ST_AERODROMO
ST_AEROPORTO_INTERNACIONAL
ST_ESTACAO_FERROVIARIA_PARADA
ST_FAROL
ST_PORTO
ST_TRAVESSIA_PONTO
AG_BARRAGEM
AG_CONDUITO_TUBULACAO
HD_CURSO_DAGUA
HD_DRENAGEM_INTERIOR
HD_QUEDA_DAGUA_LINHA
HP_CURVA_BATIMETRICA
HP_CURVA_DE_NIVEL
HP_LINHA_DE_CUMEADA
HP_RELEVO_MARINHO

ANEXOS

Cartografia Base Brasil IBGE

LM_DELIMITACAO_MARITIMA
ST_FERROVIA
ST_HIDROVIA_LINHA
ST_PONTE_TUNEL
ST_RODOVIA
ST_TRAVESSIA_LINHA
AG_SALINA
HD_GRUPO_DE_ROCHAS
HD_ILHA
HD_MASSA_DAGUA
HD_RECIFE_AREA
HD_TERRENO_SUJEITO_INUNDACAO
HP_AREIA_DUNA
HP_BANCO
LC_AREA_EDIFICADA
LM_AREA_DE_PRESERVACAO_PERMANENTE
LM_AREA_HISTORICA
LM_AREA_MILITAR
LM_FOLHA_SCN_CIM
LM_MONUMENTO
LM_MUNICIPIO_2000
LM_MUNICIPIO_2007
LM_POLITICO_EXTERIOR
LM_RESERVA_ECOLOGICA
LM_RESERVA_FLORESTAL
LM_TERRA_INDIGENA_AREA
LM_UC_AREA_DE_PROTECAO_AMBIENTAL
LM_UC_AREA_DE_RELEVANTE_INTERESSE_ECOLOGICO
LM_UC_ESTACAO_ECOLOGICA
LM_UC_FLORESTA
LM_UC_PARQUE
LM_UC_REFUGIO_DE_VIDA_SILVESTRE
LM_UC_RESERVA_BIOLOGICA
LM_UC_RESERVA_DE_DESENVOLVIMENTO_SUSTENTAVEL
LM_UC_RESERVA_EXTRATIVISTA
LM_UF
ST_HIDROVIA_AREA
VG_BREJO
VG_MANGUE
VG_RESTINGA

Fonte: Elaboração própria, 2015

As camadas que estão sombreadas na cor rosa correspondem a critérios ambientais, as de cor verde critérios sociais e a cor terra aos limites estabelecidos nas regiões.

Anexo C. Análise das áreas e Cálculo da Energia Gerada

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
1	10,69656445	6,879003305	1,895042233	-1,864118453	2	0	760,441	0
2	41,84896675	104,1577155	28,69358554	0,057436355	29	1	11026,3945	0,615
3	26,07041978	35,28919966	9,721542607	-1,302929389	10	0	3802,205	0
4	33,71588012	60,76870008	16,74068873	-0,799630616	17	0	6463,7485	0
5	48,65137652	138,6651205	38,19975771	0,739064108	39	1	14828,5995	0,615
6	37,29753364	77,94591453	21,47270373	-0,460327614	22	0	8364,851	0
7	17,61812962	17,82743167	4,911138202	-1,647853201	5	0	1901,1025	0
8	55,13290297	148,3447919	40,86633386	0,930267494	41	1	15589,0405	0,615
9	59,19812753	82,4396911	22,71065871	-0,371561657	23	0	8745,0715	0
10	66,75319783	93,59141069	25,78275776	-0,151280777	26	0	9885,733	0
11	199,6100034	1364,36519	375,8581791	24,95042351	376	25	142962,908	15,375
12	77,41114077	266,6644355	73,461277	3,26744564	74	4	28136,317	2,46
13	168,5662041	968,8869755	266,9110125	17,13850816	267	18	101518,8735	11,07
14	145,4312372	862,8690098	237,7049614	15,04432612	238	16	90492,479	9,84
15	145,3021746	859,2953529	236,7204829	14,97373537	237	15	90112,2585	9,225
16	624,9340723	6636,544517	1828,249178	129,0922374	1829	130	695423,2945	79,95
17	291,2433582	2225,662457	613,1301535	41,96370286	614	42	233455,387	25,83
18	66,82540551	244,0068826	67,21952688	2,819880939	68	3	25854,994	1,845
19	40,42938179	80,61834761	22,20891119	-0,407538813	23	0	8745,0715	0
20	52,74566494	125,1248841	34,46966505	0,471602649	35	1	13307,7175	0,615
21	566,9492499	4647,246427	1280,233175	89,79746028	1281	90	487062,4605	55,35
22	101,5139266	162,1927088	44,68118699	1,203806593	45	2	17109,9225	1,23
23	60,90983242	210,8903562	58,09651686	2,165735431	59	3	22433,0095	1,845
24	29,60330129	54,43714679	14,99645917	-0,924698335	15	0	5703,3075	0
25	160,4659964	1031,952577	284,2844564	18,38424843	285	19	108362,8425	11,685
26	249,9375633	1633,686395	450,0513484	30,27034854	451	31	171479,4455	19,065
27	160,1227416	923,6393447	254,4461005	16,2447278	255	17	96956,2275	10,455
28	31,99876446	40,72929536	11,22019156	-1,195470709	12	0	4562,646	0
29	22,26151231	24,08613009	6,635297546	-1,524224591	7	0	2661,5435	0
30	10,54756408	3,586235416	0,987943641	-1,929160782	1	0	380,2205	0
31	12,22941836	2,731067276	0,752360131	-1,946052992	1	0	380,2205	0
32	10,32282043	3,479047345	0,958415246	-1,931278077	1	0	380,2205	0
33	12,23500104	2,838091172	0,781843298	-1,94393894	1	0	380,2205	0
34	108,6683126	685,0377097	188,7156225	11,53160908	189	12	71861,6745	7,38
35	23,31339388	33,96277115	9,356135304	-1,329130446	10	0	3802,205	0
36	14,02374287	12,25566136	3,37621525	-1,757912862	4	0	1520,882	0
37	8,497451078	2,031760711	0,559713694	-1,959866455	1	0	380,2205	0
38	17,12447895	4,318110067	1,189562002	-1,914703999	2	0	760,441	0
39	14,96801998	12,481633	3,438466392	-1,753449225	4	0	1520,882	0
40	116,9495319	617,878257	170,2143959	10,20500261	171	11	65017,7055	6,765
41	31,25990572	60,90960724	16,77950613	-0,796847264	17	0	6463,7485	0
42	60,97180566	122,7705694	33,8210935	0,425097668	34	1	12927,497	0,615
43	68,56907344	156,0368174	42,98534916	1,08220874	43	2	16349,4815	1,23
44	21,5564926	28,8476635	7,947014738	-1,43016961	8	0	3041,764	0
45	6,551062768	2,588376613	0,713051409	-1,948871573	1	0	380,2205	0
46	83,71538514	370,7145186	102,1252117	5,322755924	103	6	39162,7115	3,69
47	150,976948	1422,585251	391,8967635	26,10044941	392	27	149046,436	16,605
48	371,4315264	3196,834362	880,6706231	61,14734542	881	62	334974,2605	38,13
49	200,0416804	958,1519971	263,9537182	16,9264592	264	17	100378,212	10,455
50	366,6577937	4034,730179	1111,495917	77,6983739	1112	78	422805,196	47,97
51	21,50409598	21,85115267	6,019601285	-1,568372293	7	0	2661,5435	0
52	117,5384172	604,0899429	166,4159622	9,932640848	167	10	63496,8235	6,15
53	209,1915515	2035,12516	560,64054	38,20000317	561	39	213303,7005	23,985
54	23,48227783	38,19333066	10,52157869	-1,245563839	11	0	4182,4255	0
55	405,5281951	8245,737444	2271,553015	160,8787643	2272	161	863860,976	99,015
56	1589,291264	11860,87859	3267,459666	232,2889598	3268	233	1242560,594	143,295
57	32,52935021	58,38022177	16,08270572	-0,846810434	17	0	6463,7485	0
58	147,0931034	638,8921012	176,0033337	10,62009089	177	11	67299,0285	6,765
59	31,70431957	62,82220813	17,30639342	-0,759067494	18	0	6843,969	0
60	31,70429381	62,82210517	17,30636506	-0,759069527	18	0	6843,969	0
61	31,70420738	62,82176508	17,30627137	-0,759076245	18	0	6843,969	0
62	31,70420738	62,82176508	17,30627137	-0,759076245	18	0	6843,969	0
63	62,65790884	205,8288846	56,70217206	2,065755744	57	3	21672,5685	1,845
64	12,58536145	9,657937889	2,66058895	-1,809225918	3	0	1140,6615	0
65	11,24997652	7,904505524	2,177549731	-1,843861619	3	0	1140,6615	0
66	51,15277255	160,9122387	44,32844041	1,178513357	45	2	17109,9225	1,23
67	101,568046	364,1772115	100,3243007	5,19362393	101	6	38402,2705	3,69
68	201,7842709	836,5067628	230,4426344	14,52359038	231	15	87830,9355	9,225
69	306,0804361	2324,119964	640,2534336	43,9085425	641	44	243721,3405	27,06

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
70	240,9317314	1338,024883	368,6018962	24,43012115	369	25	140301,3645	15,375
71	93,14134311	456,2891516	125,6994908	7,013119043	126	8	47907,783	4,92
72	69,63431354	271,6503389	74,83480411	3,365932621	75	4	28516,5375	2,46
73	43,95745192	100,175043	27,59643058	-0,021233718	28	0	10646,174	0
74	51,65433151	171,430498	47,22603251	1,386281442	48	2	18250,584	1,23
75	12,44154157	8,938928235	2,462514665	-1,823428578	3	0	1140,6615	0
76	152,1983276	1249,902426	344,3257371	22,68943063	345	23	131176,0725	14,145
77	169,6016303	1307,81	360,278237	23,83328396	361	24	137259,6005	14,76
78	157,5686954	1081,430862	297,9148379	19,36159727	298	20	113305,709	12,3
79	18,64867762	2,947310662	0,811931312	-1,941781518	1	0	380,2205	0
80	81,51024028	338,8426456	93,34508143	4,693188061	94	5	35740,727	3,075
81	15,21621923	14,19009193	3,909116235	-1,719701888	4	0	1520,882	0
82	38,94738517	72,35362229	19,93212735	-0,570792646	20	0	7604,41	0
83	18,89439849	22,21059964	6,118622491	-1,561272106	7	0	2661,5435	0
84	145,8226493	376,3832303	103,6868403	5,434730475	104	6	39542,932	3,69
85	43,84049873	93,65507573	25,80029634	-0,150023195	26	0	9885,733	0
86	15,41457954	14,61762384	4,026893621	-1,711256813	5	0	1901,1025	0
87	72,40031986	276,2875551	76,11227414	3,457531953	77	4	29276,9785	2,46
88	50,8825383	134,3176046	37,00209494	0,653187252	38	1	14448,379	0,615
89	454,1988637	3323,568507	915,5836108	63,65073595	916	64	348281,978	39,36
90	403,9661078	2757,863555	759,7420262	52,47631714	760	53	288967,58	32,595
91	279,2643898	4719,40098	1300,110463	91,2227354	1301	92	494666,8705	56,58
92	76,46642991	222,9593028	61,42129553	2,404134375	62	3	23573,671	1,845
93	22,33241528	30,99759987	8,539283709	-1,387701731	9	0	3421,9845	0
94	55,12609232	126,4814109	34,84336387	0,498398239	35	1	13307,7175	0,615
95	36,7122852	76,72327852	21,1358894	-0,484478449	22	0	8364,851	0
96	36,16366937	73,23244719	20,17422788	-0,553433142	21	0	7984,6305	0
97	1,555843164	0,14048527	0,038701176	-1,997224982	1	0	380,2205	0
98	1,495779756	0,13171383	0,036284802	-1,997398245	1	0	380,2205	0
99	1,524674738	0,13581465	0,037414504	-1,997317241	1	0	380,2205	0
100	12,8314511	9,557076232	2,63280337	-1,811218247	3	0	1140,6615	0
101	10,05320551	6,312749668	1,739049495	-1,87530371	2	0	760,441	0
102	1,555757249	0,140465659	0,038695774	-1,99722537	1	0	380,2205	0
103	130,4577933	804,7335707	221,6896889	13,89597177	222	14	84408,951	8,61
104	9,820777531	6,013574464	1,656632084	-1,881213344	2	0	760,441	0
105	103,0706896	598,5879356	164,9002577	9,823959222	165	10	62736,3825	6,15
106	54,49629327	143,4564117	39,51967265	0,833706898	40	1	15208,82	0,615
107	46,96881002	112,987677	31,12608182	0,231855348	32	1	12167,056	0,615
108	10,10469596	6,378946132	1,757285436	-1,873996126	2	0	760,441	0
109	8,235243225	4,076992289	1,123138372	-1,919466819	2	0	760,441	0
110	84,06801549	217,7421953	59,98407584	2,301080401	60	3	22813,23	1,845
111	19,79720394	19,0999712	5,261700056	-1,622716618	6	0	2281,323	0
112	19,2610895	17,1401816	4,721813114	-1,661428512	5	0	1901,1025	0
113	17,53011907	10,25932804	2,826261169	-1,797346607	3	0	1140,6615	0
114	19,80718018	19,1163793	5,266220192	-1,622392508	6	0	2281,323	0
115	19,94605231	19,16943049	5,280834847	-1,621344583	6	0	2281,323	0
116	19,4200984	17,23979202	4,749254	-1,659460898	5	0	1901,1025	0
117	19,79880299	19,07585038	5,2550552	-1,623193079	6	0	2281,323	0
118	19,27378305	17,15492436	4,725874478	-1,661137297	5	0	1901,1025	0
119	20,09006397	19,71825931	5,432027358	-1,61050352	6	0	2281,323	0
120	19,80725133	19,08701061	5,258129646	-1,62297263	6	0	2281,323	0
121	19,93988386	19,17464503	5,282271358	-1,62124158	6	0	2281,323	0
122	19,40825212	17,22595034	4,745440864	-1,659734314	5	0	1901,1025	0
123	19,82297655	19,13403283	5,271083423	-1,622043796	6	0	2281,323	0
124	19,28671753	17,17027822	4,730104193	-1,66083401	5	0	1901,1025	0
125	20,04452078	19,57797488	5,393381509	-1,61327457	6	0	2281,323	0
126	19,83144614	19,1452311	5,274168347	-1,621822596	6	0	2281,323	0
127	19,93569311	19,18675887	5,285608504	-1,621002294	6	0	2281,323	0
128	19,39680424	17,21256395	4,741753155	-1,659998737	5	0	1901,1025	0
129	19,84713048	19,1922583	5,287123498	-1,620893663	6	0	2281,323	0
130	19,29938112	17,18508389	4,73418289	-1,660541553	5	0	1901,1025	0
131	20,04044463	19,59020595	5,396750951	-1,613032969	6	0	2281,323	0
132	19,85540113	19,20301714	5,290087366	-1,620681143	6	0	2281,323	0
133	19,93967544	19,22934097	5,2973391	-1,620161166	6	0	2281,323	0
134	19,38500259	17,19876473	4,737951715	-1,660271314	5	0	1901,1025	0
135	19,86319262	19,22102241	5,295047497	-1,620325483	6	0	2281,323	0
136	19,31210471	17,19986558	4,738254982	-1,660249569	5	0	1901,1025	0
137	20,0452991	19,63548297	5,409223959	-1,612138608	6	0	2281,323	0
138	19,87166983	19,23228233	5,298149403	-1,620103065	6	0	2281,323	0

ANEXOS

OBJECTID	Perímetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
139	19,93430807	19,23726646	5,29952244	-1,620004613	6	0	2281,323	0
140	19,37334355	17,18514298	4,734199168	-1,660540386	5	0	1901,1025	0
141	19,58523073	18,17592902	5,007142981	-1,640969303	6	0	2281,323	0
142	19,32481995	17,21500738	4,742426275	-1,659950472	5	0	1901,1025	0
143	20,04514979	19,66238675	5,416635468	-1,611607175	6	0	2281,323	0
144	74,22334717	260,4201137	71,74107815	3,144101011	72	4	27375,876	2,46
145	19,59346396	18,18606964	5,00993654	-1,640768995	6	0	2281,323	0
146	19,55174987	18,73119171	5,16010791	-1,630001151	6	0	2281,323	0
147	19,56553456	17,91032031	4,933972538	-1,646215895	5	0	1901,1025	0
148	19,57423013	18,10555458	4,987756082	-1,642359416	5	0	1901,1025	0
149	19,08032877	17,01007937	4,685972277	-1,663998432	5	0	1901,1025	0
150	19,36201086	17,1719423	4,730562617	-1,66080114	5	0	1901,1025	0
151	19,33742257	17,22966706	4,746464756	-1,659660897	5	0	1901,1025	0
152	19,64906742	18,23463225	5,023314668	-1,639809733	6	0	2281,323	0
153	19,5810966	18,77231428	5,17143644	-1,629188854	6	0	2281,323	0
154	44,49894827	84,83891952	23,37160317	-0,324169491	24	0	9125,292	0
155	19,62024542	18,2537199	5,028572976	-1,639432693	6	0	2281,323	0
156	19,56252752	17,92576577	4,938227485	-1,6459108	5	0	1901,1025	0
157	19,5847076	18,75214692	5,165880696	-1,629587221	6	0	2281,323	0
158	44,47997509	77,40195196	21,32285178	-0,471072554	22	0	8364,851	0
159	19,0831319	16,28055557	4,485001535	-1,678408779	5	0	1901,1025	0
160	19,35091172	17,15854978	4,726873219	-1,661065683	5	0	1901,1025	0
161	19,12308127	17,06103453	4,700009513	-1,66299191	5	0	1901,1025	0
162	19,63095835	18,19476641	5,012332345	-1,640597207	6	0	2281,323	0
163	19,61270336	18,78858748	5,175919415	-1,628867408	6	0	2281,323	0
164	19,64175836	18,85930096	5,195399714	-1,627470598	6	0	2281,323	0
165	17,39392596	9,965928903	2,74543496	-1,803142145	3	0	1140,6615	0
166	19,16562772	17,11131438	4,713860711	-1,661998728	5	0	1901,1025	0
167	19,86668614	19,04053659	5,245326884	-1,623890635	6	0	2281,323	0
168	58,68998602	154,1292809	42,45985699	1,044529005	43	2	16349,4815	1,23
169	19,6695985	18,89562402	5,205406066	-1,626753106	6	0	2281,323	0
170	19,39744965	17,32024043	4,771416098	-1,657871794	5	0	1901,1025	0
171	29,51087052	25,8308445	7,115935123	-1,489761096	8	0	3041,764	0
172	19,69194713	18,94241562	5,218296315	-1,625828827	6	0	2281,323	0
173	19,98699151	19,4846612	5,36767526	-1,615117804	6	0	2281,323	0
174	20,87344659	18,05088853	4,972696564	-1,643439239	5	0	1901,1025	0
175	19,20844436	17,16191332	4,727799813	-1,660999243	5	0	1901,1025	0
176	19,86910603	19,05334299	5,248854818	-1,623637669	6	0	2281,323	0
177	19,71990063	18,97884626	5,228332304	-1,62510921	6	0	2281,323	0
178	19,3957619	17,31837793	4,77090301	-1,657908584	5	0	1901,1025	0
179	19,7335041	18,99452993	5,232652873	-1,624799409	6	0	2281,323	0
180	19,95750128	19,38048097	5,338975474	-1,617175685	6	0	2281,323	0
181	19,25113357	17,21279862	4,741817802	-1,659994101	5	0	1901,1025	0
182	19,87837946	19,09157247	5,259386355	-1,622882519	6	0	2281,323	0
183	19,39401486	17,31620054	4,77030318	-1,657951594	5	0	1901,1025	0
184	19,76175721	19,03166397	5,242882635	-1,624065897	6	0	2281,323	0
185	117,565973	597,7436574	164,6676742	9,807282122	165	10	62736,3825	6,15
186	19,54724844	18,2188696	5,018972342	-1,640121094	6	0	2281,323	0
187	19,9672026	19,42017757	5,349911176	-1,616391554	6	0	2281,323	0
188	19,29324242	17,26239057	4,755479495	-1,659014507	5	0	1901,1025	0
189	19,88763378	19,12966195	5,269879324	-1,622130134	6	0	2281,323	0
190	19,57449849	18,25240578	5,028210958	-1,639458651	6	0	2281,323	0
191	19,39233019	17,31411061	4,769727441	-1,657992877	5	0	1901,1025	0
192	19,80612016	19,0155796	5,23845168	-1,624383613	6	0	2281,323	0
193	19,56511086	18,18412785	5,009401611	-1,640807351	6	0	2281,323	0
194	19,37678803	17,4472607	4,806407905	-1,655362752	5	0	1901,1025	0
195	19,97693344	19,45991112	5,360857056	-1,615606694	6	0	2281,323	0
196	44,69082794	50,83757395	14,00484131	-0,995801008	15	0	5703,3075	0
197	19,33496826	17,31184816	4,769104176	-1,658037567	5	0	1901,1025	0
198	19,80849611	19,02086249	5,239907022	-1,624279259	6	0	2281,323	0
199	19,88714324	19,13178564	5,270464364	-1,622088185	6	0	2281,323	0
200	42,22654537	50,23837173	13,83977183	-1,007637102	14	0	5323,087	0
201	19,62323944	18,32981476	5,049535745	-1,637929585	6	0	2281,323	0
202	19,39068371	17,31228566	4,769224699	-1,658028925	5	0	1901,1025	0
203	19,80021262	18,98889923	5,231101716	-1,624910633	6	0	2281,323	0
204	18,92069115	15,73521059	4,334768758	-1,689181025	5	0	1901,1025	0
205	41,1173546	87,32391782	24,05617571	-0,275083105	25	0	9505,5125	0
206	19,37883453	17,44949671	4,807023886	-1,655318584	5	0	1901,1025	0
207	19,98080776	19,47805458	5,365855255	-1,615248305	6	0	2281,323	0

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
208	75,1078432	176,2867835	48,56385221	1,482208069	49	2	18630,8045	1,23
209	19,80145518	18,99017667	5,231453629	-1,624885399	6	0	2281,323	0
210	19,60560429	18,10321501	4,987111573	-1,642405629	5	0	1901,1025	0
211	19,38896898	17,31008307	4,768617925	-1,658072433	5	0	1901,1025	0
212	17,22470994	9,717375724	2,676963009	-1,808051838	3	0	1140,6615	0
213	19,81941607	19,05402006	5,249041339	-1,623624295	6	0	2281,323	0
214	19,67732552	18,3686787	5,060242065	-1,637161902	6	0	2281,323	0
215	19,38094504	17,45180367	4,807659413	-1,655273014	5	0	1901,1025	0
216	19,7312762	18,84582666	5,191687784	-1,627736757	6	0	2281,323	0
217	19,60004941	18,08636507	4,982469716	-1,642738468	5	0	1901,1025	0
218	19,2993867	17,28549819	4,761845231	-1,658558061	5	0	1901,1025	0
219	19,82086785	19,055998	5,249586227	-1,623585225	6	0	2281,323	0
220	19,38752896	17,3080557	4,768059422	-1,65811248	5	0	1901,1025	0
221	19,82022312	19,18996193	5,286490889	-1,620939024	6	0	2281,323	0
222	19,8253638	19,07059606	5,253607731	-1,623296868	6	0	2281,323	0
223	19,67089226	18,34816377	5,054590571	-1,637567135	6	0	2281,323	0
224	19,38319054	17,45482108	4,808490654	-1,655213411	5	0	1901,1025	0
225	19,7202728	18,83734168	5,189350326	-1,627904362	6	0	2281,323	0
226	19,2860645	17,26979559	4,757519448	-1,658868235	5	0	1901,1025	0
227	19,82696961	19,07308834	5,254294309	-1,623247638	6	0	2281,323	0
228	19,78402636	19,089242	5,258744352	-1,622928553	6	0	2281,323	0
229	19,82205519	19,05369401	5,248951518	-1,623630736	6	0	2281,323	0
230	192,4970381	1681,583097	463,2460321	31,21645623	464	32	176422,312	19,68
231	19,38513219	17,4567194	4,80901361	-1,655175913	5	0	1901,1025	0
232	19,72118774	18,87154936	5,198773929	-1,627228655	6	0	2281,323	0
233	19,2726513	17,25385793	4,753128905	-1,659183053	5	0	1901,1025	0
234	19,82355563	19,05574692	5,249517057	-1,623590184	6	0	2281,323	0
235	19,65736402	18,44724382	5,081885351	-1,635609999	6	0	2281,323	0
236	19,7848274	19,12312011	5,268077165	-1,622259356	6	0	2281,323	0
237	19,38737677	17,4596568	4,80982281	-1,65511789	5	0	1901,1025	0
238	19,71505328	18,88065542	5,201282485	-1,627048782	6	0	2281,323	0
239	98,40879465	428,4654234	118,0345519	6,463514536	119	7	45246,2395	4,305
240	19,66161858	18,77941233	5,173391827	-1,629048645	6	0	2281,323	0
241	19,65875571	18,44867202	5,082278792	-1,635581787	6	0	2281,323	0
242	19,25910241	17,23764625	4,748662877	-1,659503284	5	0	1901,1025	0
243	19,28802732	17,42433082	4,800091135	-1,655815687	5	0	1901,1025	0
244	19,63567416	18,36248142	5,058534827	-1,637284318	6	0	2281,323	0
245	19,77917024	19,13353768	5,270947019	-1,622053577	6	0	2281,323	0
246	393,6228277	3781,741218	1041,801989	72,7010611	1042	73	396189,761	44,895
247	19,38946768	17,4613974	4,810302313	-1,655083508	5	0	1901,1025	0
248	19,66564749	18,78669542	5,175398186	-1,628904782	6	0	2281,323	0
249	19,69886213	18,85326162	5,193735982	-1,627589894	6	0	2281,323	0
250	19,66026055	18,44840776	5,082205996	-1,635587007	6	0	2281,323	0
251	19,65977608	18,76197169	5,168587242	-1,629393152	6	0	2281,323	0
252	19,24573854	17,22178137	4,744292388	-1,659816664	5	0	1901,1025	0
253	18,71362423	14,99012402	4,12951075	-1,703898785	5	0	1901,1025	0
254	19,29279756	17,43018282	4,801703256	-1,655700092	5	0	1901,1025	0
255	19,76649123	19,11878388	5,26688261	-1,62234501	6	0	2281,323	0
256	19,66276567	18,76561798	5,169591729	-1,629321126	6	0	2281,323	0
257	19,46545315	18,0389541	4,969408842	-1,643674981	5	0	1901,1025	0
258	19,68470865	18,8411772	5,190406941	-1,627828599	6	0	2281,323	0
259	17,27668336	9,868771319	2,718669785	-1,805061307	3	0	1140,6615	0
260	19,23257523	17,20605143	4,739959071	-1,660127379	5	0	1901,1025	0
261	184,5709775	1220,382055	336,1934036	22,1063122	337	23	128134,3085	14,145
262	59,06208138	158,7943768	43,74500738	1,136679047	44	2	16729,702	1,23
263	19,29745593	17,43569056	4,803220539	-1,655591298	5	0	1901,1025	0
264	19,51561954	18,24036583	5,024894167	-1,639696478	6	0	2281,323	0
265	19,73502044	18,83132924	5,187694007	-1,628023126	6	0	2281,323	0
266	19,34336102	17,41876279	4,798557242	-1,655925673	5	0	1901,1025	0
267	19,68781339	18,84518996	5,191512385	-1,627749334	6	0	2281,323	0
268	19,43923687	17,97454481	4,951665236	-1,644947263	5	0	1901,1025	0
269	112,4999226	647,9614705	178,5017825	10,79923892	179	11	68059,4695	6,765
270	19,21973872	17,19055396	4,735689795	-1,660433502	5	0	1901,1025	0
271	19,79855571	19,08811631	5,258434244	-1,622950789	6	0	2281,323	0
272	19,68949208	18,84750799	5,192150961	-1,627703546	6	0	2281,323	0
273	19,49940164	18,21195721	5,017068101	-1,640257635	6	0	2281,323	0
274	19,302342	17,44178993	4,804900807	-1,655470816	5	0	1901,1025	0
275	19,71941127	18,81356768	5,182801014	-1,628373972	6	0	2281,323	0
276	19,32650308	17,3982741	4,792912975	-1,656330388	5	0	1901,1025	0

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
277	19,69257435	18,8513895	5,193220248	-1,627626874	6	0	2281,323	0
278	19,76374219	19,00007725	5,23418106	-1,624689832	6	0	2281,323	0
279	19,68426017	18,81807349	5,184042285	-1,628284968	6	0	2281,323	0
280	19,30692487	17,44700482	4,806337416	-1,655367806	5	0	1901,1025	0
281	19,72000294	18,85471718	5,194136965	-1,627561142	6	0	2281,323	0
282	19,31000233	17,37864376	4,787505168	-1,656718148	5	0	1901,1025	0
283	19,68750698	18,82227645	5,185200125	-1,628201947	6	0	2281,323	0
284	19,58403313	18,44357981	5,080875981	-1,635682374	6	0	2281,323	0
285	19,76432439	19,04083676	5,245409576	-1,623884706	6	0	2281,323	0
286	19,31167501	17,45264343	4,807890751	-1,655256426	5	0	1901,1025	0
287	19,70698586	18,84616991	5,191782343	-1,627729977	6	0	2281,323	0
288	19,58703638	18,4470693	5,081837272	-1,635613446	6	0	2281,323	0
289	19,29328251	17,35863962	4,781994385	-1,657113291	5	0	1901,1025	0
290	19,81459636	18,92993391	5,214857828	-1,626075379	6	0	2281,323	0
291	58,38038136	212,1510541	58,44381655	2,190638105	59	3	22433,0095	1,845
292	19,56463085	18,36176418	5,05833724	-1,637298485	6	0	2281,323	0
293	18,68128045	21,80967939	6,00817614	-1,569191518	7	0	2661,5435	0
294	19,49754741	17,76179145	4,893055495	-1,649149799	5	0	1901,1025	0
295	19,75150316	19,03313247	5,243287183	-1,624036889	6	0	2281,323	0
296	19,31659363	17,45857212	4,809524	-1,655139316	5	0	1901,1025	0
297	19,82086121	18,93865114	5,217259268	-1,625903187	6	0	2281,323	0
298	19,68354807	18,80003984	5,179074337	-1,628641188	6	0	2281,323	0
299	19,58385095	18,42361214	5,075375246	-1,636076797	6	0	2281,323	0
300	19,27661186	17,33870583	4,776502982	-1,657507045	5	0	1901,1025	0
301	19,8182957	18,92220424	5,212728441	-1,626228064	6	0	2281,323	0
302	18,47126553	14,38561869	3,962980356	-1,715839631	4	0	1520,882	0
303	19,50652874	17,77235969	4,895966856	-1,648941043	5	0	1901,1025	0
304	19,73091243	18,99683479	5,233287822	-1,624753881	6	0	2281,323	0
305	19,82446715	18,93037259	5,214978674	-1,626066714	6	0	2281,323	0
306	19,5067854	18,19842542	5,013340335	-1,64052493	6	0	2281,323	0
307	19,26026763	17,31886056	4,771035966	-1,657899051	5	0	1901,1025	0
308	17,44207953	10,04293801	2,766649589	-1,801620978	3	0	1140,6615	0
309	19,85074627	19,01924486	5,239461393	-1,624311213	6	0	2281,323	0
310	982,2605019	12762,80384	3515,923924	250,1047673	3516	251	1336855,278	154,365
311	19,54057576	18,34593536	5,053976683	-1,637611153	6	0	2281,323	0
312	19,51561609	17,78349454	4,89903431	-1,648721095	5	0	1901,1025	0
313	19,86913495	18,98550528	5,230166745	-1,624977673	6	0	2281,323	0
314	19,46786369	18,09559275	4,985011777	-1,642556193	5	0	1901,1025	0
315	19,51568722	17,70659528	4,87784994	-1,650240093	5	0	1901,1025	0
316	19,85666846	19,02679037	5,241540047	-1,624162165	6	0	2281,323	0
317	19,24412421	17,29933589	4,76565727	-1,658284723	5	0	1901,1025	0
318	19,90327658	19,15077354	5,27569519	-1,621713115	6	0	2281,323	0
319	19,85606973	19,01724055	5,238909241	-1,624350804	6	0	2281,323	0
320	19,52261096	18,31860837	5,046448587	-1,638150946	6	0	2281,323	0
321	19,52470278	17,79440115	4,902038885	-1,648505656	5	0	1901,1025	0
322	19,84328422	18,95086564	5,220624143	-1,625661913	6	0	2281,323	0
323	31,25282093	61,00054201	16,80455703	-0,795051022	17	0	6463,7485	0
324	19,49051117	17,67627492	4,869497223	-1,650839014	5	0	1901,1025	0
325	19,86201146	19,02481051	5,240994632	-1,624201274	6	0	2281,323	0
326	19,86449124	19,06799399	5,252890905	-1,623348267	6	0	2281,323	0
327	19,85101456	18,9770322	5,227832563	-1,625145043	6	0	2281,323	0
328	19,53375638	17,80550673	4,905098273	-1,648286287	5	0	1901,1025	0
329	19,83829314	18,99240387	5,232067182	-1,624841405	6	0	2281,323	0
330	19,4651512	17,6459389	4,861140194	-1,651438244	5	0	1901,1025	0
331	19,85694397	18,98468323	5,229940283	-1,624993912	6	0	2281,323	0
332	9,835367707	6,012100482	1,656226028	-1,88124246	2	0	760,441	0
333	19,85938641	19,10915571	5,264230224	-1,622535196	6	0	2281,323	0
334	19,81698888	18,83039328	5,187436165	-1,628041614	6	0	2281,323	0
335	19,54284275	17,81622623	4,908051302	-1,648074544	5	0	1901,1025	0
336	19,81278818	18,95902793	5,222872708	-1,625500683	6	0	2281,323	0
337	31,24746337	54,9887994	15,14842959	-0,913801493	16	0	6083,528	0
338	19,43970814	17,61506858	4,852635973	-1,652048028	5	0	1901,1025	0
339	19,82298675	18,8379587	5,189520302	-1,627892174	6	0	2281,323	0
340	23,05594411	3,746251266	1,032025142	-1,925999975	2	0	760,441	0
341	19,83422297	19,07651777	5,255239056	-1,623179896	6	0	2281,323	0
342	19,80174685	18,75243406	5,165959796	-1,629581549	6	0	2281,323	0
343	16,41379262	14,74239041	4,061264576	-1,708792288	5	0	1901,1025	0
344	19,55204645	17,82706283	4,911036593	-1,647860487	5	0	1901,1025	0
345	19,77704991	18,88796687	5,203296659	-1,626904358	6	0	2281,323	0

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
346	19,81635108	18,79140048	5,176694348	-1,628811842	6	0	2281,323	0
347	19,4143557	17,58420554	4,844133758	-1,652657668	5	0	1901,1025	0
348	389,7684733	837,9682334	230,8452434	14,55245893	231	15	87830,9355	9,225
349	18,54688325	14,11780258	3,889201813	-1,721129826	4	0	1520,882	0
350	19,80007376	19,01132136	5,237278611	-1,624467726	6	0	2281,323	0
351	31,28439087	46,43806498	12,79285537	-1,082704889	13	0	4942,8665	0
352	19,65115237	18,48844637	5,093235914	-1,634796121	6	0	2281,323	0
353	30,83440507	59,41004605	16,36640387	-0,826468226	17	0	6463,7485	0
354	19,38938125	17,55437612	4,835916285	-1,653246892	5	0	1901,1025	0
355	17,25366457	9,85655184	2,715303537	-1,80530268	3	0	1140,6615	0
356	19,66526012	18,57859409	5,118069998	-1,633015425	6	0	2281,323	0
357	19,70507522	18,7543066	5,166475646	-1,629544561	6	0	2281,323	0
358	72,98107027	317,7528331	87,53521573	4,276599172	88	5	33459,404	3,075
359	19,40897947	17,65843519	4,864582696	-1,651191404	5	0	1901,1025	0
360	19,59424337	18,34005604	5,05237035	-1,637727288	5	0	2281,323	0
361	50,34980379	86,93244641	23,94833235	-0,282815873	24	0	9125,292	0
362	19,36455629	17,52426428	4,827621013	-1,653841693	5	0	1901,1025	0
363	19,74861553	18,87523211	5,199788461	-1,627155909	6	0	2281,323	0
364	19,64013266	18,54544957	5,108939275	-1,633670132	6	0	2281,323	0
365	19,72727142	18,77883037	5,173231508	-1,629060141	6	0	2281,323	0
366	31,19278479	60,75925678	16,73808727	-0,79981715	17	0	6463,7485	0
367	19,43309817	17,68770632	4,872646368	-1,650613209	5	0	1901,1025	0
368	30,82591084	59,37774029	16,35750421	-0,827106365	17	0	6463,7485	0
369	19,76363729	18,87367316	5,199358996	-1,627186703	6	0	2281,323	0
370	19,77433958	18,89375543	5,204891302	-1,626790016	6	0	2281,323	0
371	19,45707472	17,71646306	4,880568336	-1,650045174	5	0	1901,1025	0
372	30,92945946	59,77134677	16,46593575	-0,819331422	17	0	6463,7485	0
373	19,81077982	18,98944121	5,231251021	-1,624899927	6	0	2281,323	0
374	19,79464687	18,91117641	5,20969047	-1,626445898	6	0	2281,323	0
375	31,27303355	61,08117236	16,82676924	-0,793458324	17	0	6463,7485	0
376	30,86103623	59,51568763	16,39550623	-0,824381479	17	0	6463,7485	0
377	19,48119607	17,74594292	4,888689509	-1,649462856	5	0	1901,1025	0
378	19,83106402	19,00693756	5,236070952	-1,62455432	6	0	2281,323	0
379	19,80408554	18,8887569	5,203514297	-1,626888753	6	0	2281,323	0
380	28,0635719	49,07359201	13,51889587	-1,030645096	14	0	5323,087	0
381	19,50523242	17,77501082	4,896697195	-1,648888675	5	0	1901,1025	0
382	30,9192119	59,73255641	16,4552497	-0,820097651	17	0	6463,7485	0
383	19,84160299	18,98845552	5,230979481	-1,624919397	6	0	2281,323	0
384	152,846198	702,4824631	193,5213397	11,8761968	194	12	73762,777	7,38
385	19,78734146	18,77013611	5,170836394	-1,629231879	6	0	2281,323	0
386	30,74753506	59,07364701	16,27373196	-0,833113145	17	0	6463,7485	0
387	19,52936517	17,80431577	4,904770184	-1,648309812	5	0	1901,1025	0
388	30,78313878	59,21511047	16,31270261	-0,830318806	17	0	6463,7485	0
389	19,81978028	18,85099193	5,193110724	-1,627634727	6	0	2281,323	0
390	354,4286536	2603,737998	717,283195	49,43186168	718	50	272998,319	30,75
391	19,77015135	18,64920734	5,137522684	-1,631620596	6	0	2281,323	0
392	30,97749153	59,95959689	16,51779529	-0,815612901	17	0	6463,7485	0
393	19,55329547	17,83303001	4,912680443	-1,647742617	5	0	1901,1025	0
394	19,84537363	18,88691712	5,203007472	-1,626925094	6	0	2281,323	0
395	104,3032178	446,5215315	123,0086864	6,820178401	124	7	47147,342	4,305
396	30,81843479	59,35106267	16,35015501	-0,82763333	17	0	6463,7485	0
397	30,77014351	59,16569787	16,29909032	-0,831294857	17	0	6463,7485	0
398	30,87458267	59,5545963	16,40622488	-0,823612913	17	0	6463,7485	0
399	31,31916341	61,25256691	16,87398537	-0,790072752	17	0	6463,7485	0
400	30,81881546	59,35444566	16,35108696	-0,827566505	17	0	6463,7485	0
401	30,95626594	59,87557357	16,49464837	-0,817272621	17	0	6463,7485	0
402	51,55818473	100,15626	27,59125621	-0,02160474	28	0	10646,174	0
403	31,29203499	61,14944727	16,84557776	-0,792109684	17	0	6463,7485	0
404	15,72173948	12,27041144	3,380278633	-1,757621502	4	0	1520,882	0
405	30,68453797	58,83508883	16,20801345	-0,837825406	17	0	6463,7485	0
406	81,03649179	192,9721555	53,16037341	1,811795664	54	2	20531,907	1,23
407	31,31679464	61,25312078	16,87413796	-0,790061812	17	0	6463,7485	0
408	30,75326962	59,10166324	16,28144993	-0,832559738	17	0	6463,7485	0
409	30,75102022	59,09445636	16,27946456	-0,832702097	17	0	6463,7485	0
410	5767,805915	18103,91822	4987,305295	355,6082611	4988	356	1896539,854	218,94
411	35,20396457	75,95405837	20,92398302	-0,499672921	21	0	7984,6305	0
412	31,19222848	60,75712161	16,73749907	-0,799859326	17	0	6463,7485	0
413	30,76311574	59,13930497	16,29181955	-0,831816198	17	0	6463,7485	0
414	18,75435581	9,731479484	2,680848343	-1,807773245	3	0	1140,6615	0

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
415	47,31608171	122,4738458	33,73935146	0,41923646	34	1	12927,497	0,615
416	80,69104052	191,0010442	52,61736755	1,772860133	53	2	20151,6865	1,23
417	31,25152997	60,99916649	16,8041781	-0,795078193	17	0	6463,7485	0
418	30,79526106	59,26503433	16,32645574	-0,829332655	17	0	6463,7485	0
419	18,73704751	9,722293148	2,678317672	-1,807954703	3	0	1140,6615	0
420	12,4429384	9,151185573	2,520987761	-1,819235841	3	0	1140,6615	0
421	30,69850303	58,88821976	16,22265007	-0,836775906	17	0	6463,7485	0
422	7,090594594	2,763167444	0,761203153	-1,945418915	1	0	380,2205	0
423	18,80464934	9,767160135	2,690677723	-1,807068442	3	0	1140,6615	0
424	30,76566489	59,15022552	16,29482797	-0,831600484	17	0	6463,7485	0
425	22,70910982	24,54912763	6,762845078	-1,51507896	7	0	2661,5435	0
426	8,552569226	4,497212244	1,238901445	-1,911166178	2	0	760,441	0
427	442,9852356	3686,776766	1015,640982	70,82522007	1016	71	386304,028	43,665
428	32,3562774	59,37991788	16,3581041	-0,827063351	17	0	6463,7485	0
429	11,60677325	8,419599081	2,319448783	-1,833686932	3	0	1140,6615	0
430	107,9991368	700,2123077	192,8959525	11,83135423	193	12	73382,5565	7,38
431	97,21134433	329,0862477	90,65736853	4,500469091	91	5	34600,0655	3,075
432	22,8059705	26,18516891	7,213545153	-1,482762096	8	0	3041,764	0
433	12,24490832	8,616856006	2,373789533	-1,829790499	3	0	1140,6615	0
434	80,31862348	89,66883096	24,70215729	-0,228763833	25	0	9505,5125	0
435	25,33364225	27,92748432	7,693521851	-1,448345989	8	0	3041,764	0
436	28,63978029	42,35895989	11,66913496	-1,163279805	12	0	4562,646	0
437	32,06881539	64,24485115	17,6983061	-0,730965903	18	0	6843,969	0
438	121,7143448	596,486201	164,3212675	9,782443476	165	10	62736,3825	6,15
439	32,05060975	64,17441727	17,67890283	-0,73235719	18	0	6843,969	0
440	32,05249149	64,18275339	17,68119928	-0,732192526	18	0	6843,969	0
441	167,1257374	1147,195131	316,0317166	20,66064457	317	21	120529,8985	12,915
442	32,10075656	64,37320891	17,73366637	-0,728430441	18	0	6843,969	0
443	1855,772738	8810,645874	2427,175172	172,0374494	2428	173	923175,374	106,395
444	23,25594516	32,92832053	9,07116268	-1,349564039	10	0	3802,205	0
445	32,10975044	64,4095071	17,74366587	-0,72771344	18	0	6843,969	0
446	30,8417817	59,43911411	16,3744116	-0,825894042	17	0	6463,7485	0
447	351,3256776	3616,384683	996,249224	69,43475917	997	70	379079,8385	43,05
448	30,82952313	59,39193449	16,36141446	-0,826825985	17	0	6463,7485	0
449	562,3217273	1884,793381	519,2268268	35,23048655	520	36	197714,66	22,14
450	445,2990054	2003,165117	551,8361203	37,56869367	552	38	209881,716	23,37
451	30,82474053	59,37399265	16,3564718	-0,827180392	17	0	6463,7485	0
452	30,82558286	59,37797491	16,35756885	-0,82710173	17	0	6463,7485	0
453	30,81928142	59,35408471	16,35098752	-0,827573635	17	0	6463,7485	0
454	132,0861848	816,2951797	224,8747051	14,12434923	225	15	85549,6125	9,225
455	431,8941562	2042,528068	562,6799085	38,34623344	563	39	214064,1415	23,985
456	435,853278	10247,32114	2822,953481	200,41622	2823	201	1073362,472	123,615
457	21,83347868	25,4855552	7,020814105	-1,496581626	8	0	3041,764	0
458	100,8466104	631,189647	173,8814455	10,46794365	174	11	66158,367	6,765
459	41,32646694	104,1262232	28,68490997	0,056814285	29	1	11026,3945	0,615
460	80,64324886	288,0830618	79,36172503	3,690529617	80	4	30417,64	2,46
461	25,0845734	34,51541448	9,508378643	-1,318214035	10	0	3802,205	0
462	192,0226742	1210,084068	333,3564926	21,90289518	334	22	126993,647	13,53
463	80,2339756	286,202708	78,84372122	3,653386825	79	4	30037,4195	2,46
464	19,53261727	23,4220852	6,45236507	-1,537341527	7	0	2661,5435	0
465	13,29891926	10,1412479	2,793732203	-1,799679054	3	0	1140,6615	0
466	98,81965563	344,5816274	94,92606817	4,806550666	95	5	36120,9475	3,075
467	14,62664427	8,254288552	2,273908692	-1,836952325	3	0	1140,6615	0
468	802,1009523	5860,892884	1614,571042	113,7707236	1615	114	614056,1075	70,11
469	16,97690855	18,01322722	4,962321549	-1,644183166	5	0	1901,1025	0
470	5,302875363	1,225397343	0,337575026	-1,97579462	1	0	380,2205	0
471	5,613272474	1,544414727	0,425458602	-1,969493042	1	0	380,2205	0
472	54,28410926	117,0208374	32,23714528	0,311522713	33	1	12547,2765	0,615
473	17,04349847	18,15405197	5,001116246	-1,641401443	6	0	2281,323	0
474	147,402617	827,4586966	227,9500541	14,34486314	228	15	86690,274	9,225
475	209,7547768	1510,390247	416,0854675	27,83486908	417	28	158551,9485	17,22
476	22,43717676	31,44628889	8,6628895	-1,378838738	9	0	3421,9845	0
477	24,93124334	25,26742833	6,960724059	-1,500890304	7	0	2661,5435	0
478	16,97748804	17,28073815	4,760533927	-1,658652086	5	0	1901,1025	0
479	17,47728888	18,93883814	5,217310782	-1,625899494	6	0	2281,323	0
480	96,15686129	426,3293248	117,446095	6,421319996	118	7	44866,019	4,305
481	30,60107917	14,21820297	3,916860321	-1,719146608	4	0	1520,882	0
482	48,32983889	125,8598874	34,67214529	0,486121233	35	1	13307,7175	0,615
483	14,83373253	2,327797039	0,641266402	-1,954018824	1	0	380,2205	0

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
484	100,4837917	489,6097101	134,878708	7,671302915	135	8	51329,7675	4,92
485	673,8237263	12929,07475	3561,728581	253,3891308	3562	254	1354345,421	156,21
486	28,93123021	51,65650731	14,23044278	-0,979624547	15	0	5703,3075	0
487	111,3383787	530,3327586	146,0971787	8,475708811	147	9	55892,4135	5,535
488	80,16800152	285,8970945	78,75953016	3,647350015	79	4	30037,4195	2,46
489	39,17648696	88,63249795	24,4166661	-0,249234608	25	0	9505,5125	0
490	26,68288012	43,60168492	12,01148345	-1,13873215	13	0	4942,8665	0
491	535,3184585	5278,628668	1454,167677	102,2692083	1455	103	553220,8275	63,345
492	64,030466	215,6189927	59,39917155	2,259140597	60	3	22813,23	1,845
493	28,95952082	50,53434361	13,92130678	-1,001790744	14	0	5323,087	0
494	80,39498067	288,6294923	79,51225684	3,701323305	80	4	30417,64	2,46
495	37,77503312	65,83484435	18,13632076	-0,69955863	19	0	7224,1895	0
496	24,42883524	37,29327826	10,27363037	-1,263342652	11	0	4182,4255	0
497	239,8340124	1754,255681	483,2660278	32,65196407	484	33	184026,722	20,295
498	38,0283786	57,47899782	15,83443466	-0,864612389	16	0	6083,528	0
499	38,1550425	57,53257562	15,84919439	-0,863554062	16	0	6083,528	0
500	588,5970651	5079,867682	1399,412585	98,34306532	1400	99	532308,7	60,885
501	12,22732003	8,593476983	2,367349031	-1,830252307	3	0	1140,6615	0
502	118,6458328	692,20929	190,6912645	11,67326993	191	12	72622,1155	7,38
503	31,34122642	59,61501633	16,42286951	-0,82241943	17	0	6463,7485	0
504	141,9676059	527,7787493	145,3935948	8,425259245	146	9	55512,193	5,535
505	29,54904864	44,02860286	12,1290917	-1,130299203	13	0	4942,8665	0
506	125,6142526	982,5617961	270,6781807	17,40862807	271	18	103039,7555	11,07
507	911,2568287	7194,934573	1982,07564	140,1221644	1983	141	753977,2515	86,715
508	19,90968857	21,66109586	5,967244039	-1,572126501	6	0	2281,323	0
509	17,61533023	19,39337311	5,342527029	-1,616921025	6	0	2281,323	0
510	11,80896951	7,911055852	2,179354229	-1,84373223	3	0	1140,6615	0
511	16,15943084	13,41596	3,695856748	-1,734993383	4	0	1520,882	0
512	175,6331148	1820,682134	501,5653261	33,96409153	502	34	190870,691	20,91
513	5,717278825	0,604871499	0,166631267	-1,988051921	1	0	380,2205	0
514	6,814074515	2,046338028	0,563729484	-1,959578508	1	0	380,2205	0
515	16,24754959	13,75603099	3,789540219	-1,728275931	4	0	1520,882	0
516	16,35959008	13,90331624	3,830114667	-1,725366593	4	0	1520,882	0
517	93,45483625	308,1524904	84,89049323	4,086962774	85	5	32318,7425	3,075
518	16,17623677	13,37284084	3,683978192	-1,735845119	4	0	1520,882	0
519	15,93178526	12,84447722	3,538423478	-1,746281931	4	0	1520,882	0
520	100,7682627	505,9195518	139,3717774	7,993472628	140	8	53230,87	4,92
521	328,6064662	5391,634914	1485,298874	104,5014304	1486	105	565007,663	64,575
522	129,1978789	571,5946947	157,4641032	9,290759401	158	10	60074,839	6,15
523	395,8502638	4398,642866	1211,747346	84,88677265	1212	85	460827,246	52,275
524	109,4947797	503,9450917	138,827849	7,954470947	139	8	52850,6495	4,92
525	347,8634006	2927,946775	806,5969078	55,83598568	807	56	306837,9435	34,44
526	20,38261174	25,96532715	7,152982685	-1,487104649	8	0	3041,764	0
527	449,7590831	2104,208667	579,6718091	39,56461564	580	40	220527,89	24,6
528	1225,722435	8699,736493	2396,621623	169,8466468	2397	170	911388,5385	104,55
529	17,47616996	17,23463361	4,74783295	-1,659562793	5	0	1901,1025	0
530	179,7697341	1603,817714	441,8230617	29,68034991	442	30	168057,461	18,45
531	22,47899429	31,37187126	8,642388776	-1,380308716	9	0	3421,9845	0
532	123,3984055	623,3779675	171,7294676	10,31363886	172	11	65397,926	6,765
533	158,52102	1306,275587	359,8555337	23,80297456	360	24	136879,38	14,76
534	583,8926881	2958,017827	814,8809441	56,42998177	815	57	309879,7075	35,055
535	51,56607979	169,7531702	46,76395873	1,353149041	47	2	17870,3635	1,23
536	25,25089659	39,74614872	10,94935226	-1,21489089	11	0	4182,4255	0
537	26,85841846	37,23206262	10,25676656	-1,264551849	11	0	4182,4255	0
538	462,0016408	11089,34907	3054,917099	217,0488705	3055	218	1161573,628	134,07
539	167,339213	1327,98712	365,836672	24,23184434	366	25	139160,703	15,375
540	579,0710872	8449,696819	2327,74017	164,9075915	2328	165	885153,324	101,475
541	45,33845769	127,1975243	35,04064031	0,51254369	36	1	13687,938	0,615
542	224,6856914	2145,70357	591,1029119	40,38426806	592	41	225090,536	25,215
543	169,6783888	1539,258443	424,0381385	28,40510505	425	29	161593,7125	17,835
544	19,64712941	23,02347396	6,342554811	-1,545215329	7	0	2661,5435	0
545	146,1084921	682,5123569	188,019933	11,48172557	189	12	71861,6745	7,38
546	22,35212173	30,16085169	8,308774571	-1,40423009	9	0	3421,9845	0
547	36,43370258	82,96178952	22,85448747	-0,361248602	23	0	8745,0715	0
548	202,4037261	1102,724051	303,7807304	19,78220349	304	20	115587,032	12,3
549	260,3330306	3104,446693	855,2194746	59,32240381	856	60	325468,748	36,9
550	216,8954609	2186,695248	602,3953852	41,19398021	603	42	229272,9615	25,83
551	51,70032487	139,3841638	38,39784126	0,753267433	39	1	14828,5995	0,615
552	90,33402411	464,1185845	127,8563594	7,167774508	128	8	48668,224	4,92

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
553	573,9426115	7811,830566	2152,01944	152,3077643	2153	153	818614,7365	94,095
554	33,16350573	63,62702428	17,52810586	-0,743169891	18	0	6843,969	0
555	102,9271323	577,790619	159,1709694	9,413148029	160	10	60835,28	6,15
556	16,65564723	17,19212776	4,73612335	-1,660402415	5	0	1901,1025	0
557	12,06828671	8,47655076	2,335137951	-1,83256196	3	0	1140,6615	0
558	88,7823763	448,2977207	123,4979947	6,855263619	124	7	47147,342	4,305
559	27,72292706	44,53033329	12,26730944	-1,120388478	13	0	4942,8665	0
560	13,74463598	0,950883359	0,261951339	-1,981217119	1	0	380,2205	0
561	64,74620685	199,535982	54,96859009	1,941451497	55	2	20912,1275	1,23
562	4,945052566	0,186218848	0,051299958	-1,996321603	1	0	380,2205	0
563	102,8896072	577,448124	159,0766182	9,406382696	160	10	60835,28	6,15
564	106,186254	645,8614871	177,9232747	10,75775777	178	11	67679,249	6,765
565	9,282382781	0,972539251	0,267917149	-1,980789348	1	0	380,2205	0
566	9,73254241	1,062014343	0,292565935	-1,979021939	1	0	380,2205	0
567	384,7876026	8681,161244	2391,504475	169,4797283	2392	170	909487,436	104,55
568	131,6574079	663,044453	182,656872	11,09717423	183	12	69580,3515	7,38
569	90,63218792	475,0760514	130,8749453	7,3842183	131	8	49808,8855	4,92
570	64,08014304	158,469572	43,65552948	1,130263151	44	2	16729,702	1,23
571	105,6357065	468,0291067	128,9336382	7,245019391	129	8	49048,4445	4,92
572	76,71525517	205,5053992	56,61305763	2,05936591	57	3	21672,5685	1,845
573	100,0980297	553,9531252	152,6041667	8,942283955	153	9	58173,7365	5,535
574	455,8045317	14765,39755	4067,602631	289,6621738	4068	290	1546736,994	178,35
575	213,7957244	2679,917444	738,2692684	50,93664088	739	51	280982,9495	31,365
576	41,04474297	6,08027149	1,67500592	-1,879895872	2	0	760,441	0
577	118,0830965	783,1289153	215,7379932	13,46921314	216	14	82127,628	8,61
578	32,04037002	2,623278913	0,722666367	-1,948182145	1	0	380,2205	0
579	47,02058041	121,3885495	33,44037177	0,397798509	34	1	12927,497	0,615
580	52,56795038	151,8638059	41,83575919	0,999778881	42	1	15969,261	0,615
581	71,84731429	50,36665662	13,87511202	-1,005103079	14	0	5323,087	0
582	71,21634549	31,62798265	8,712942878	-1,375249725	9	0	3421,9845	0
583	109,6308356	658,2730641	181,3424419	11,00292472	182	12	69200,131	7,38
584	10,14665459	2,026881497	0,558369558	-1,959962835	1	0	380,2205	0
585	58,65911826	144,9862025	39,94110261	0,863924987	40	1	15208,82	0,615
586	13,85936611	11,35754727	3,1288009	-1,775653387	4	0	1520,882	0
587	177,2258749	1592,305331	438,6516065	29,45294482	439	30	166916,7995	18,45
588	42,81851762	110,4143446	30,41717483	0,181024092	31	1	11786,8355	0,615
589	57,17160457	173,0596388	47,67483164	1,418462002	48	2	18250,584	1,23
590	19,26751335	18,18478968	5,009583933	-1,640794278	6	0	2281,323	0
591	11,30771423	4,625696042	1,27429643	-1,908628226	2	0	760,441	0
592	82,69077454	393,0497871	108,2781783	5,763946411	109	6	41444,0345	3,69
593	32,03936456	57,1305672	15,73844826	-0,871494969	16	0	6083,528	0
594	13,17189723	2,669644467	0,735439247	-1,947266282	1	0	380,2205	0
595	63,95867603	252,9362845	69,67941721	2,996272286	70	3	26615,435	1,845
596	219,492999	1532,338692	422,131871	28,2684186	423	29	160833,2715	17,835
597	2,103480293	0,150253399	0,041392121	-1,997032032	1	0	380,2205	0
598	444,2504326	4972,358254	1369,795662	96,2194223	1370	97	520902,085	59,655
599	351,6131626	2706,524701	745,5990912	51,46221632	746	52	283644,493	31,98
600	42,00622909	77,28136248	21,28963154	-0,473454568	22	0	8364,851	0
601	221,1635443	2163,328514	595,9582683	40,73241509	596	41	226611,418	25,215
602	205,4711798	862,9300621	237,7217802	15,04553209	238	16	90492,479	9,84
603	187,4095324	893,0498568	246,0192443	15,640491	247	16	93914,4635	9,84
604	35,02810601	66,53397348	18,32891832	-0,685748672	19	0	7224,1895	0
605	331,6866516	1910,733041	526,3727387	35,74287489	527	36	200376,2035	22,14
606	74,93368524	343,6341922	94,66506671	4,787835895	95	5	36120,9475	3,075
607	190,8254691	1050,525747	289,4010324	18,75112588	290	19	110263,945	11,685
608	178,0737095	1885,38133	519,388796	35,24210034	520	36	197714,66	22,14
609	71,21620941	31,6278454	8,712905069	-1,375252437	9	0	3421,9845	0
610	32,84899023	51,1122832	14,08051879	-0,990374653	15	0	5703,3075	0
611	32,82057924	59,78599394	16,46997078	-0,819042095	17	0	6463,7485	0
612	389,7757282	3234,76846	891,1207879	61,89666094	892	62	339156,686	38,13
613	8,672900012	3,443605625	0,948651687	-1,931978161	1	0	380,2205	0
614	65,26752527	149,9636274	41,31229404	0,962244491	42	1	15969,261	0,615
615	170,8941293	1223,969709	337,1817381	22,17717944	338	23	128514,529	14,145
616	18,58604601	19,5877677	5,396079255	-1,613081132	6	0	2281,323	0
617	13,63827954	11,55231248	3,182455229	-1,771806173	4	0	1520,882	0
618	163,1509439	762,5332162	210,0642469	13,06238452	211	14	80226,5255	8,61
619	12,20830784	1,532705953	0,422233045	-1,969724327	1	0	380,2205	0
620	69,906719	289,2471043	79,68239787	3,713523047	80	4	30417,64	2,46
621	90,31594945	366,6803389	101,0138675	5,243068422	102	6	38782,491	3,69

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
622	44,86399777	89,04312578	24,52978672	-0,241123441	25	0	9505,5125	0
623	22,96710239	32,95429753	9,07831888	-1,349050913	10	0	3802,205	0
624	63,68389422	186,8510608	51,47412144	1,690885152	52	2	19771,466	1,23
625	267,3538747	3581,543142	986,6510033	68,7465312	987	69	375277,6335	42,435
626	38,94047317	87,7897606	24,18450705	-0,265881272	25	0	9505,5125	0
627	40,64915286	79,4844115	21,89653209	-0,429937551	22	0	8364,851	0
628	29,92299044	54,11072671	14,90653628	-0,931146139	15	0	5703,3075	0
629	146,9699164	1007,355912	277,5085157	17,89838839	278	18	105701,299	11,07
630	91,62683388	436,3772813	120,2141271	6,619798149	121	7	46006,6805	4,305
631	55,47623032	165,4817471	45,58725815	1,268775251	46	2	17490,143	1,23
632	179,2808156	1046,628117	288,3273049	18,67413564	289	19	109883,7245	11,685
633	39,69801204	97,24088631	26,78812295	-0,079192369	27	0	10265,9535	0
634	75,93709217	232,5999755	64,07712824	2,594567418	65	3	24714,3325	1,845
635	178,6937348	1313,969671	361,975116	23,95495647	362	24	137639,821	14,76
636	521,3900755	4688,07754	1291,481416	90,6040008	1292	91	491244,886	55,965
637	11,60177732	8,049687916	2,21754488	-1,840993819	3	0	1140,6615	0
638	133,8022959	836,977325	230,5722658	14,53288543	231	15	87830,9355	9,225
639	207,2614487	1560,053066	429,7666848	28,81586303	430	29	163494,815	17,835
640	14,3540703	12,23621765	3,370858857	-1,758296935	4	0	1520,882	0
641	108,9179086	670,1974207	184,6273886	11,23846757	185	12	70340,7925	7,38
642	68,68044947	251,6969031	69,33798984	2,971790679	70	3	26615,435	1,845
643	43,72530088	97,43529481	26,84167901	-0,075352201	27	0	10265,9535	0
644	81,80475956	401,6290402	110,6416089	5,933413139	111	6	42204,4755	3,69
645	90,42731901	437,4616119	120,5128407	6,641217025	121	7	46006,6805	4,305
646	200,058622	2248,742172	619,4882016	42,41959846	620	43	235736,71	26,445
647	90,0205229	352,6236483	97,1415009	4,965405398	98	5	37261,609	3,075
648	92,63940499	197,9911662	54,54302099	1,910936616	55	2	20912,1275	1,23
649	204,2972369	2298,351994	633,1548192	43,39954555	634	44	241059,797	27,06
650	221,0843251	2056,833915	566,6209132	38,62881808	567	39	215585,0235	23,985
651	202,6058373	834,2862774	229,8309304	14,47972894	230	15	87450,715	9,225
652	44,5172154	113,7081134	31,32454915	0,246086191	32	1	12167,056	0,615
653	27,09991979	45,89836495	12,64417767	-1,093365631	13	0	4942,8665	0
654	203,8919333	1150,412648	316,9180847	20,72420045	317	21	120529,8985	12,915
655	55,2297312	165,7477377	45,66053379	1,274029386	46	2	17490,143	1,23
656	22,3863883	27,69940861	7,630691077	-1,452851188	8	0	3041,764	0
657	127,056589	775,2122462	213,5570926	13,31283449	214	14	81367,187	8,61
658	23,23892005	23,20749242	6,393248601	-1,541580397	7	0	2661,5435	0
659	133,6501567	799,4119674	220,2236825	13,79085368	221	14	84028,7305	8,61
660	24,44168485	11,594306	3,194023692	-1,770976672	4	0	1520,882	0
661	88,34604482	362,1691828	99,77112474	5,153959167	100	6	38022,05	3,69
662	82,73656567	236,7133572	65,21029123	2,675819401	66	3	25094,553	1,845
663	67,66675992	199,9672134	55,0873866	1,949969647	56	2	21292,348	1,23
664	27,0860178	45,84907694	12,63059971	-1,094339221	13	0	4942,8665	0
665	70,6590446	285,3230066	78,60137922	3,636010006	79	4	30037,4195	2,46
666	277,2667526	1852,612402	510,3615433	34,59481288	511	35	194292,6755	21,525
667	19,62444061	23,72454127	6,535686299	-1,531367086	7	0	2661,5435	0
668	27,09829003	45,89293103	12,64268073	-1,093472967	13	0	4942,8665	0
669	93,46580631	466,5915491	128,5376168	7,216623192	129	8	49048,4445	4,92
670	2,963597679	0,521439119	0,14364714	-1,989699968	1	0	380,2205	0
671	27,21905914	46,30270818	12,75556699	-1,085378604	13	0	4942,8665	0
672	183,4254925	1270,980483	350,1323645	23,10578732	351	24	133457,3955	14,76
673	38,12863508	73,94645819	20,37092512	-0,539329221	21	0	7984,6305	0
674	27,09816437	45,89251016	12,64256478	-1,093481281	13	0	4942,8665	0
675	27,38348638	46,86194738	12,90962738	-1,074331904	13	0	4942,8665	0
676	179,9931486	839,6962901	231,321292	14,58659338	232	15	88211,156	9,225
677	18,64105383	17,60167238	4,84894556	-1,652312644	5	0	1901,1025	0
678	43,17473905	101,037899	27,83413197	-0,004189649	28	0	10646,174	0
679	164,4827105	1144,678557	315,3384456	20,61093447	316	21	120149,678	12,915
680	664,6453978	4997,784246	1376,800068	96,72166412	1377	97	523563,6285	59,655
681	312,7938713	1810,231403	498,686337	33,75765735	499	34	189730,0295	20,91
682	171,1110745	1228,27114	338,3667054	22,26214598	339	23	128894,7495	14,145
683	503,4564421	12643,16343	3482,965131	247,7414998	3483	248	1324308,002	152,52
684	130,4211688	949,7590526	261,6416123	16,76067264	262	17	99617,771	10,455
685	715,8136742	5846,545935	1610,618715	113,4873271	1611	114	612535,2255	70,11
686	37,87187135	83,94128207	23,12432013	-0,341900601	24	0	9125,292	0
687	191,2460527	786,7382385	216,7322971	13,54050841	217	14	82507,8485	8,61
688	191,5530036	790,2980919	217,712973	13,61082651	218	14	82888,069	8,61
689	164,5543622	1147,155092	316,0206866	20,65985368	317	21	120529,8985	12,915
690	465,9597563	9729,880133	2680,40775	190,1951631	2681	191	1019371,161	117,465

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
691	175,4210397	1122,868417	309,3301424	20,18011687	310	21	117868,355	12,915
692	140,3237688	1184,724027	326,3702553	21,40195609	327	22	124332,1035	13,53
693	44,89145247	125,708989	34,63057548	0,483140523	35	1	13307,7175	0,615
694	206,2091179	1365,631112	376,2069178	24,97542937	377	25	143343,1285	15,375
695	212,6089798	2021,489514	556,8841636	37,93065706	557	38	211782,8185	23,37
696	267,0038662	1395,024415	384,3042466	25,55603783	385	26	146384,8925	15,99
697	254,739298	3883,466676	1069,825531	74,71045286	1070	75	406835,935	46,125
698	376,4185057	3150,166528	867,8144705	60,22551166	868	61	330031,394	37,515
699	225,9885915	1578,094483	434,7367721	29,1722367	435	30	165395,9175	18,45
700	221,1720492	2539,097905	699,4760069	48,15502035	700	49	266154,35	30,135
701	201,044071	931,1129236	256,5049376	16,39235405	257	17	97716,6685	10,455
702	192,1425202	798,1904793	219,8871844	13,76672552	220	14	83648,51	8,61
703	172,4538102	1276,528418	351,6607213	23,21537617	352	24	133837,616	14,76
704	211,0316581	2422,326701	667,3076312	45,84842866	668	46	253987,294	28,29
705	187,9070041	1299,01878	357,8564132	23,65963022	358	24	136118,939	14,76
706	172,4536844	1276,525102	351,6598077	23,21531066	352	24	133837,616	14,76
707	133,0140599	889,1222182	244,9372502	15,56290801	245	16	93154,0225	9,84
708	182,3026967	1222,136558	336,6767377	22,14096904	337	23	128134,3085	14,145
709	50,63673421	155,4735851	42,83018872	1,071083162	43	2	16349,4815	1,23
710	172,4533303	1276,521749	351,6588841	23,21524443	352	24	133837,616	14,76
711	209,8062486	2423,351839	667,5900383	45,8686783	668	46	253987,294	28,29
712	172,0720335	1242,076363	342,169797	22,53484174	343	23	130415,6315	14,145
713	288,8741826	2062,683101	568,2322591	38,74435754	569	39	216345,4645	23,985
714	247,26971	1810,512724	498,7638359	33,76321431	499	34	189730,0295	20,91
715	226,0575041	1330,271535	366,4659876	24,2769686	367	25	139540,9235	15,375
716	70,31228836	288,5424984	79,48829157	3,699604907	80	4	30417,64	2,46
717	163,2902511	2116,684118	583,1085726	39,81104432	584	40	222048,772	24,6
718	25,92861884	40,5917437	11,18229854	-1,198187779	12	0	4562,646	0
719	29,28644522	4,688434976	1,291579883	-1,907388939	2	0	760,441	0
720	89,67777983	244,7035749	67,41145313	2,833650862	68	3	25854,994	1,845
721	57,38065038	178,1210648	49,06916386	1,518440786	50	2	19011,025	1,23
722	7,081650939	2,674259231	0,736710532	-1,947175126	1	0	380,2205	0
723	47,38404958	17,83311076	4,912702689	-1,647741022	5	0	1901,1025	0
724	7,101656523	2,343407619	0,645566837	-1,953710467	1	0	380,2205	0
725	43,16901997	79,39184256	21,87103101	-0,431766073	22	0	8364,851	0
726	129,5252954	820,9017992	226,1437463	14,21534418	227	15	86310,0535	9,225
727	9,291797119	5,272359401	1,452440606	-1,895854629	2	0	760,441	0
728	30,29942486	15,3909251	4,239924271	-1,695981726	5	0	1901,1025	0
729	119,492793	22,43669173	6,180906813	-1,556806089	7	0	2661,5435	0
730	159,6792598	745,1786134	205,2833646	12,71957755	206	13	78325,423	7,995
731	29,94344592	4,796019684	1,321217544	-1,905263809	2	0	760,441	0
732	77,8740132	372,5160631	102,621505	5,358341987	103	6	39162,7115	3,69
733	472,8323758	4611,562863	1270,402993	89,09259976	1271	90	483260,2555	55,35
734	198,1858975	2092,737487	576,5117043	39,33802443	577	40	219387,2285	24,6
735	982,8367547	15859,58005	4369,030316	311,2756553	4370	312	1661563,585	191,88
736	170,8673317	1231,661052	339,3005652	22,3291072	340	23	129274,97	14,145
737	169,896913	1195,276525	329,2772796	21,61040049	330	22	125472,765	13,53
738	148,2352852	858,6677587	236,5475919	14,96133844	237	15	90112,2585	9,225
739	35,56158355	3,242631302	0,89328686	-1,935948024	1	0	380,2205	0
740	26,43416424	41,26695762	11,36830788	-1,18485022	12	0	4562,646	0
741	367,8083764	2283,192541	628,9786615	43,10009958	629	44	239158,6945	27,06
742	131,7061336	1052,295936	289,8886877	18,78609257	290	19	110263,945	11,685
743	22,02455132	6,714397454	1,849696268	-1,867369927	2	0	760,441	0
744	51,55317794	82,44978736	22,71344004	-0,371362225	23	0	8745,0715	0
745	141,4665251	659,9431615	181,8025238	11,0359143	182	12	69200,131	7,38
746	23,32606981	1,882758902	0,518666364	-1,962809701	1	0	380,2205	0
747	27,4345239	38,66442625	10,65135709	-1,236258247	11	0	4182,4255	0
748	601,430453	2260,054649	622,6045866	42,6430548	623	43	236877,3715	26,445
749	263,8504159	1402,51618	386,3680935	25,7040233	387	26	147145,3335	15,99
750	157,5041293	1013,761651	279,273182	18,02492149	280	19	106461,74	11,685
751	29,57699532	53,30192731	14,68372653	-0,947122423	15	0	5703,3075	0
752	92,3373523	496,9088323	136,8894855	7,815483107	137	8	52090,2085	4,92
753	89,83041218	384,3325261	105,8767289	5,591753601	106	6	40303,373	3,69
754	130,608706	1037,324869	285,7644266	18,49036778	286	19	108743,063	11,685
755	233,7974859	3313,653746	912,8522716	63,45488881	913	64	347141,3165	39,36
756	47,6516883	126,9867025	34,98256268	0,508379309	35	1	13307,7175	0,615
757	32,33854047	60,23130493	16,59264599	-0,810245828	17	0	6463,7485	0
758	169,8964151	1195,269893	329,2754525	21,61026948	330	22	125472,765	13,53
759	173,7657562	1312,537053	361,5804554	23,92665784	362	24	137639,821	14,76

ANEXOS

OBJECTID	Perimetro	Area	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Numero_Modulos	Numero_turbinas	Energia_Solar	Energia_Eolica
760	51,25855322	116,9646494	32,22166651	0,310412828	33	1	12547,2765	0,615
761	180,7393706	1224,840111	337,4215183	22,19437257	338	23	128514,529	14,145
762	121,574243	794,4392398	218,8537851	13,69262696	219	14	83268,2895	8,61
763	76,80065723	269,3045244	74,18857422	3,319595544	75	4	28516,5375	2,46
764	220,782824	1251,614626	344,7974176	22,72325187	345	23	131176,0725	14,145
765	179,9374321	1287,7659	354,7564464	23,43735112	355	24	134978,2775	14,76
766	286,2436546	2236,25061	616,047	42,17285156	617	43	234596,0485	26,445
767	39,14194554	89,99431555	24,79182247	-0,222334508	25	0	9505,5125	0
768	68,70589132	255,6061248	70,4149104	3,049009872	71	4	26995,6555	2,46
769	18,67278197	21,49845911	5,922440527	-1,575339079	6	0	2281,323	0
770	34,95610265	74,7327169	20,58752532	-0,523798185	21	0	7984,6305	0
771	361,0680568	2818,677077	776,4950625	53,67757189	777	54	295431,3285	33,21
772	55,81321153	131,8254981	36,31556421	0,603960456	37	1	14068,1585	0,615
773	55,30381978	137,660836	37,92309531	0,71922639	38	1	14448,379	0,615
774	173,9430146	1314,261559	362,0555259	23,96072215	363	24	138020,0415	14,76
775	218,9721142	1261,110471	347,4133529	22,91082412	348	23	132316,734	14,145
776	68,20586468	256,1607054	70,56768744	3,059964551	71	4	26995,6555	2,46
777	348,8416711	4298,208357	1184,079437	82,90288112	1185	83	450561,2925	51,045
778	176,6811745	1222,089482	336,6637692	22,14003915	337	23	128134,3085	14,145
779	177,4351395	1587,874779	437,4310685	29,36542773	438	30	166536,579	18,45
780	65,79077871	164,2489266	45,24763818	1,244423241	46	2	17490,143	1,23
781	13,0325483	4,187573361	1,153601477	-1,917282502	2	0	760,441	0
782	57,87037532	170,985599	47,10347081	1,377493314	48	2	18250,584	1,23
783	520,3083437	7454,805537	2053,665437	145,255418	2054	146	780972,907	89,79
784	42,67374206	113,5557045	31,28256323	0,243075645	32	1	12167,056	0,615
785	119,8154874	274,719145	75,68020525	3,426551013	76	4	28896,758	2,46
786	109,8322193	575,7608689	158,6118096	9,373054201	159	10	60455,0595	6,15
787	211,1449985	1056,808036	291,1316904	18,87522047	292	19	111024,386	11,685
788	134,5909175	913,9107816	251,7660555	16,05255865	252	17	95815,566	10,455
789	713,3352086	16481,21468	4540,279526	323,5548579	4541	324	1726581,291	199,26
790	3,178746313	0,0053175	0,001464876	-1,999894963	1	0	380,2205	0
791	984,541649	12042,10494	3317,384282	235,8687396	3318	236	1261571,619	145,14
792	19,53688443	23,61054974	6,504283675	-1,533618771	7	0	2661,5435	0
793	42,66595025	80,79324462	22,25709218	-0,404084057	23	0	8745,0715	0
794	142,5258229	505,3897499	139,2258264	7,983007406	140	8	53230,87	4,92
795	77,39486116	236,5143822	65,15547718	2,67188903	66	3	25094,553	1,845
796	27,76746066	0,38425306	0,105854838	-1,992409816	1	0	380,2205	0
797	57,08984128	199,0576449	54,83681679	1,932002863	55	2	20912,1275	1,23
798	12,28251614	9,391643523	2,587229621	-1,814486054	3	0	1140,6615	0
799	330,819421	5659,125985	1558,987875	109,7852046	1559	110	592763,7595	67,65
800	155,9170677	1490,296536	410,5500099	27,43795627	411	28	156270,6255	17,22
801	110,7569477	564,4538574	155,4969304	9,149705825	156	10	59314,398	6,15
802	232,9423348	1303,337259	359,0460768	23,7449335	360	24	136879,38	14,76
803	349,1590938	7147,656237	1969,051305	139,1882713	1970	140	749034,385	86,1
804	1220,077334	22709,2784	6255,99956	446,5783388	6256	447	2378659,448	274,905
805	308,6364725	4943,241734	1361,774582	95,64428117	1362	96	517860,321	59,04

Anexo D. Consumo de Energia Elétrica do Prédio da Poli Elétrica

Ano 2007

ANEXOS

Ano 2008

ANEXOS

Ano 2009