

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA–CAMPUS ARARANGUÁ**

**RODOLFO SANTOS DE SOUSA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE ENERGIA**

**ARARANGUÁ**

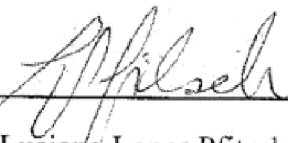
**2016**

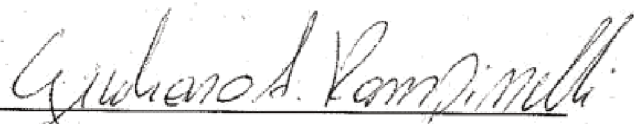
**RODOLFO SANTOS DE SOUSA**

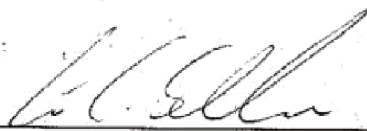
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE ENERGIA**

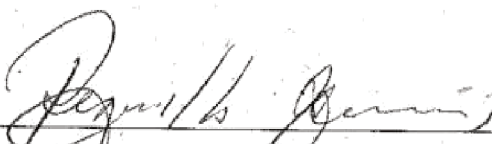
Trabalho de conclusão de curso na modalidade de artigo científico para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá

Aprovado em: 02/12/2016

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luciano Lopes Pfitscher (Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Giuliano Arns Rampinelli (Examinador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. César Cataldo Scharlau (Examinador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Reginaldo Jeremias (Supervisor)

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE GERAÇÃO  
DISTRIBUÍDA COM SISTEMA EÓLICO PARA A PONTE ANITA  
GARIBALDI EM LAGUNA – SC**

**Rodolfo Santos de Sousa\***

**RESUMO**

A geração distribuída vem se tornando uma alternativa para consumidores de energia elétrica, através das regulamentações normativas 482/2012 alterada pela 687/2015, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que definem quais e em qual grupo se classificam estes consumidores no país, assim como os procedimentos necessários para a implantação deste tipo de geração na rede de distribuição. O presente trabalho tem como intuito principal a análise técnica e econômica de implantação da geração distribuída eólica para alimentar o sistema de iluminação da Ponte Anita Garibaldi, tendo em vista que desde a inauguração do empreendimento o mesmo não possui órgão responsável para pagamento do seu consumo de energia elétrica. Existe um impasse quanto a responsabilidade entre DNIT e o município de Laguna. Os estudos de viabilidade técnica serão baseados em dados climáticos fornecidos pela plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, através da estação meteorológica de Santa Marta, e dados técnicos de equipamentos fornecidos por fabricantes de sistemas de geração eólica de pequeno porte. A análise econômica foi baseada em três principais ferramentas: *Payback* simples, *Payback* descontado e VPL. Os resultados demonstraram a viabilidade técnica e econômica do empreendimento, levando em consideração a vida útil do equipamento e a velocidade média anual da região de 10,16 m/s a 100 metros de altura. O *Payback* descontado foi de 8,7 anos, tornando viável a implantação do sistema de geração distribuída.

Palavras chave: Geração distribuída. Energia eólica. Viabilidade técnica. Viabilidade econômica.

---

\* Graduando do Curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Rodovia Governador Jorge Lacerda, 3201, Jardim das Avenidas Araranguá, Santa Catarina, Brasil, CEP 88900-000. E-mail: [sousa\\_rodolfo@hotmail.com](mailto:sousa_rodolfo@hotmail.com)

## 1 INTRODUÇÃO

A ponte Anita Garibaldi (figura 1), localizada no município de Laguna, no estado de Santa Catarina, foi um grande marco da duplicação Sul da BR 101, com um investimento de R\$ 777,1 milhões e uma extensão de 2,8 quilômetros. A obra deu fim a um dos principais gargalos da rodovia e assegurou uma melhor segurança aos usuários.

Após sua inauguração, em 15 de julho de 2015, houve um grande impasse quanto ao pagamento da fatura de energia elétrica, entre a prefeitura do município e o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte). Isso porque o valor da energia elétrica consumida chega, em média, a R\$ 13.500,00 mensais. Assim o município alegou que não possuía orçamento para o pagamento da fatura.

Em dezembro de 2015 veio a decisão judicial, onde o município de Laguna ficou responsável pelo pagamento da fatura de energia elétrica da ponte. Porém, essa decisão foi revogada e até hoje não existe um órgão responsável pela fatura.

A partir desse pressuposto é que o presente trabalho se propôs a efetuar o estudo de viabilidade de implantação de geração distribuída com sistema eólico na ponte Anita Garibaldi, utilizando-se de dados do potencial eólico da região como uma alternativa para suprir a demanda de energia elétrica do empreendimento.

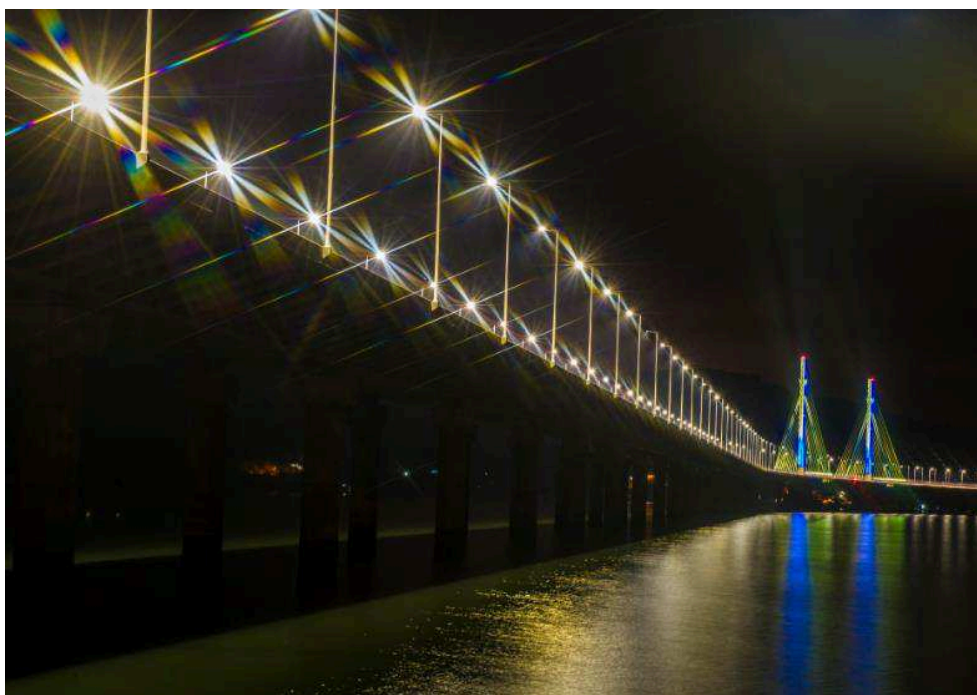


Figura 01 – Ponte Anita Garibaldi (Fonte: Eduardo Valente)

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir estão descritos os principais pressupostos teóricos relacionados ao tema do presente estudo.

### 2.1 Geração distribuída

O conceito de geração distribuída na realidade não é tão recente. Thomas A. Edson desenvolveu e instalou o primeiro sistema de geração de energia elétrica em Nova York no ano de 1882, abastecendo cerca de 59 clientes em uma área de 1 km<sup>2</sup>. Este é o conceito mais básico de geração distribuída (GD), onde a carga fica próxima a unidade geradora (DIAS, 2005).

Com o desenvolvimento dos transformadores, a tecnologia dominante foi a de corrente alternada, possibilitando a conexão de centrais de geração longe de suas cargas, ou seja, geração centralizada. Grandes centrais de geração abastecem a demanda através de longas linhas de transmissão e distribuição. Quando existe um aumento da demanda, aumenta-se a geração. Quando os centros geradores não são capazes de suprir este aumento, são construídas novas unidades geradoras (BARBOSA; AZEVEDO, 2013; RODRÍGUEZ, 2002).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias no setor elétrico, e o aumento na competitividade no ambiente de geração de energia elétrica, surgiram novas categorias de “produtores” de energia elétrica, os produtores independentes e os autoprodutores. Essas categorias de geradores de energia, que podem ou não vender o excedente de geração para a rede (RODRÍGUEZ, 2002).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) conforme REN 687/2015, separa a geração distribuída em dois grupos: microgeração e minigeração distribuída. São classificados como microgeração distribuída consumidores com potência instalada de até 75 kW e minigeração distribuída com potência instalada acima de 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2016).

A geração distribuída possui alguns fatores que a tornam atraente perante o mercado, como o aumento das formas de geração, a diminuição das perdas através das linhas de transmissão, desenvolvimento local através do uso de recursos próprios e ainda

a diminuição dos impactos ambientais onde em muitos casos, utiliza-se de fontes renováveis para geração de energia elétrica (SANTOS,2008; RODRÍGUEZ, 2002).

A geração distribuída pode ser aplicada em diferentes locais, sendo eles:

- Zonas rurais ou isoladas, onde o acesso à energia elétrica é restrito, tornando inviável a construção de geração centralizada;
- Áreas urbanas desenvolvidas, onde o custo para melhorias na rede de distribuição é muito elevado, tornando viável o investimento na geração distribuída;
- Locais onde devido a um conjunto de fatores, como o preço da energia fornecida, existe a dificuldade de a rede suprir um aumento na carga.

A geração distribuída utilizada atualmente visa ser uma alternativa para suprir o atual modelo de geração, de forma econômica e segura (SANTOS, 2008).

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2016, em 2015 a geração distribuída atingiu 34,9 GWh com uma potência instalada de 16,5 MW, os quais 20 GWh e 13,3 MW de geração e potências instalada, respectivamente, correspondem a energia solar fotovoltaica (BEN, 2016).

## **2.2 Geração distribuída com sistemas eólicos**

Em abril de 2012 entrou em vigor a Regulamentação Normativa ANEEL nº 482/2012 pela qual o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis e fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade, gerando assim créditos de energia que podem ser utilizados nos meses seguintes. (ESPÍNDOLA, 2016).

A REN 482/2012 sofreu alterações através da REN 687/2015, definindo novas determinações e permissões para a geração distribuída. Por exemplo, o autoconsumo remoto onde a geração de energia elétrica pertencente a uma mesma pessoa, jurídica ou física, possa ser em local diferente das unidades consumidoras, desde que estejam dentro da mesma área de concessão ou permissão onde a energia excedente será compensada (REN ANEEL 687, 2015).

Os geradores eólicos utilizados para sistemas de geração distribuída, são aqueles que possuem potência inferior a 0,1 MW. A geração distribuída através de aerogeradores para geração de energia elétrica, se dá através da conexão de um inversor de frequência e filtros para garantir a qualidade de energia que está sendo injetada na rede (ESPÍNDOLA, 2016; RÜNCOS et al, 2008).

Atualmente a geração distribuída com sistemas eólicos corresponde a 0,6% do total da capacidade instalada no Brasil, equivalentes a 100 kW (BEN,2016). A tabela 1 demonstra como está dividida a capacidade instalada no Brasil em 2015 por fonte de geração.

Tabela 1 – Capacidade instalada na geração distribuída no Brasil

Fonte	Capacidade disponível (MW)
Hidráulica	0,8
Térmica	2,3
Eólica	0,1
Solar	13,3
<b>Capacidade total</b>	<b>16,5</b>

Fonte: (BEN, 2016)

### 2.3 Geradores eólicos

Os geradores eólicos, são equipamentos que transformam a energia cinética dos ventos em energia elétrica. Já compostos basicamente por um conjunto de pás, nacele e uma torre, onde a energia gerada através da força dos ventos é conectada a um gerador elétrico, fazendo assim a conversão de energia cinética em elétrica (figura 2).

O crescimento da energia eólica na matriz energética mundial é evidente, principalmente em sistemas centralizados de geração, os chamados parques eólicos. Nesses locais existem geradores variando entre kW de potência até uma capacidade de geração em torno de 5 MW (PEREIRA, 2010).

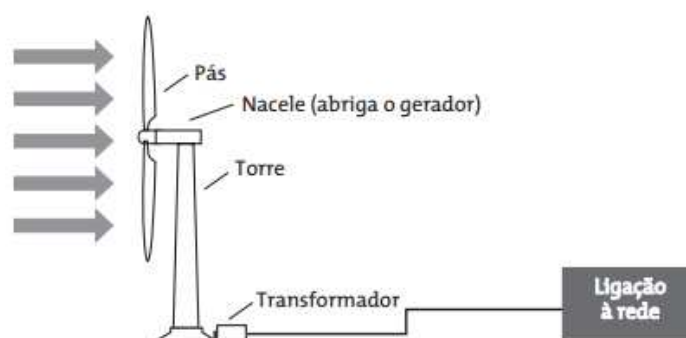


Figura 2 – Modelo de geração de energia elétrica através de gerador eólico conectado a rede

(Fonte: PROCESSILAGE;2013)

A classificação de geradores eólicos pode ser dividida em três grupos: pequeno, médio e grande porte. Pequenos geradores eólicos possuem potências inferiores a 10 kW, já os de médio porte têm potências entre 10 e 250 kW os de grande porte apresentam potências acima de 250 kW (PROCESSI, LAGE,2013).

A geração distribuída com pequenos aerogeradores, geralmente é utilizada para áreas urbanas residenciais ou espaços abertos, como chácaras e sítios. Equipamentos instalados em telhados, geralmente possuem potências de até 5 kW. Para espaços abertos, utilizam-se de equipamentos entre 1 a 25 kW, ou até turbinas com maiores potências, dependendo a carga que será atendida (MATOS, 2010).

Os micros e pequenos geradores eólicos são normalmente divididos em dois grupos:

- Aerogeradores de eixo horizontal: as pás da turbina estão dispostas perpendicularmente ao eixo da turbina (figura 3). Essa topologia é a mais eficiente atualmente (SILVA,2015).
- Aerogeradores de eixo vertical: as pás da turbina estão dispostas ao redor de um eixo vertical (figura 2). Essa topologia permite aproveitar o vento ascendente (SILVA, 2015).

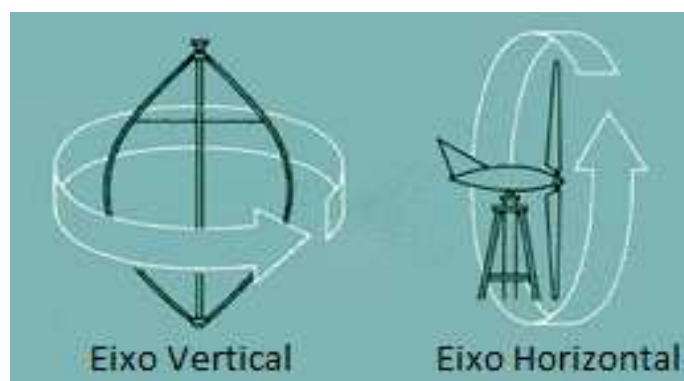


Figura 3 – Grupos de aerogeradores (Fonte: OLIVEIRA,2010)

## 2.4 A energia eólica no Brasil

A questão energética de um país está diretamente ligada ao seu crescimento, assim como a qualidade de vida de sua sociedade. A inserção de energias renováveis na matriz energética de um país tende a minimizar os impactos causados por crises internacionais,



que afetam o mercado dos combustíveis fósseis ou por instabilidade na geração de energia elétrica, proveniente de fontes hídricas em épocas de estiagem (MARTINS et al, 2008).

No Brasil, as primeiras medições anemométricas foram realizadas no início de 1990 no litoral do Ceará e em Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco. Os resultados obtidos através dessas medições possibilitaram a determinação do potencial eólico dessas regiões e, conseqüentemente, a instalação dos primeiros aerogeradores do país (ANEEL, 2002).

Atualmente, a geração de energia eólica corresponde a 3,5 % da matriz elétrica brasileira, conforme visto figura 4.

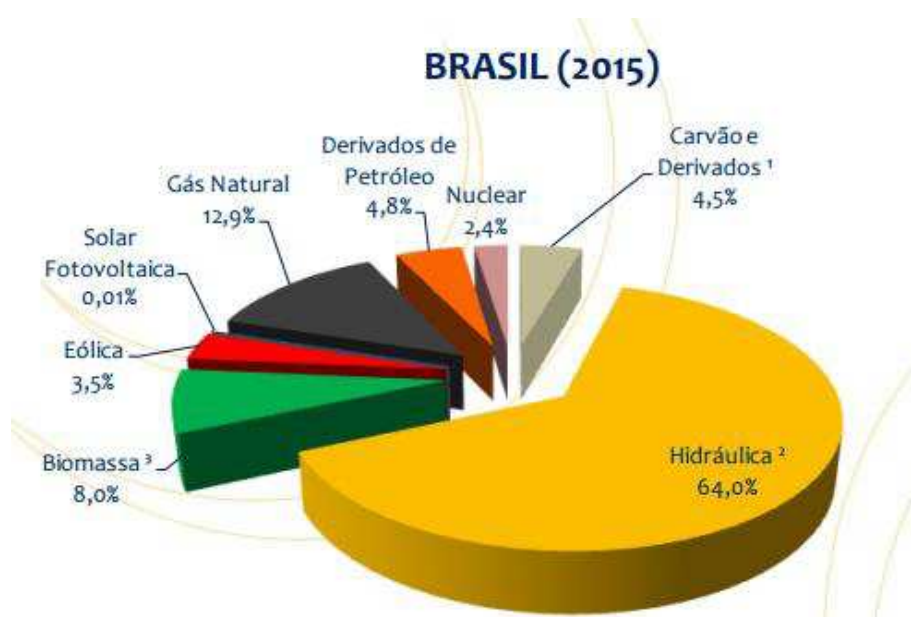


Figura 4 – Matriz elétrica brasileira (Fonte: BEN 2016)

No panorama mundial, o Brasil ainda tem uma pequena participação na energia eólica. Porém, teve um crescimento significativo nos últimos anos. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA) e os leilões de energia foram muito importantes para o aumento da participação da energia eólica na matriz elétrica brasileira (PROCESSI, LAGE,2013).

Atualmente, o Brasil possui aproximadamente 11 GW de capacidade instalada, distribuída em 400 parques geradores. Desse total grande parte são de usinas verificadas pelo Sistema Interligado Nacional (SIN). Uma pequena parcela de usinas não possuem relacionamento com o Operador Nacional do Sistema (ONS) (ONS,2016).

Na figura 5 pode-se observar o crescimento dessa capacidade ao longo dos anos, e uma projeção até o ano de 2019.

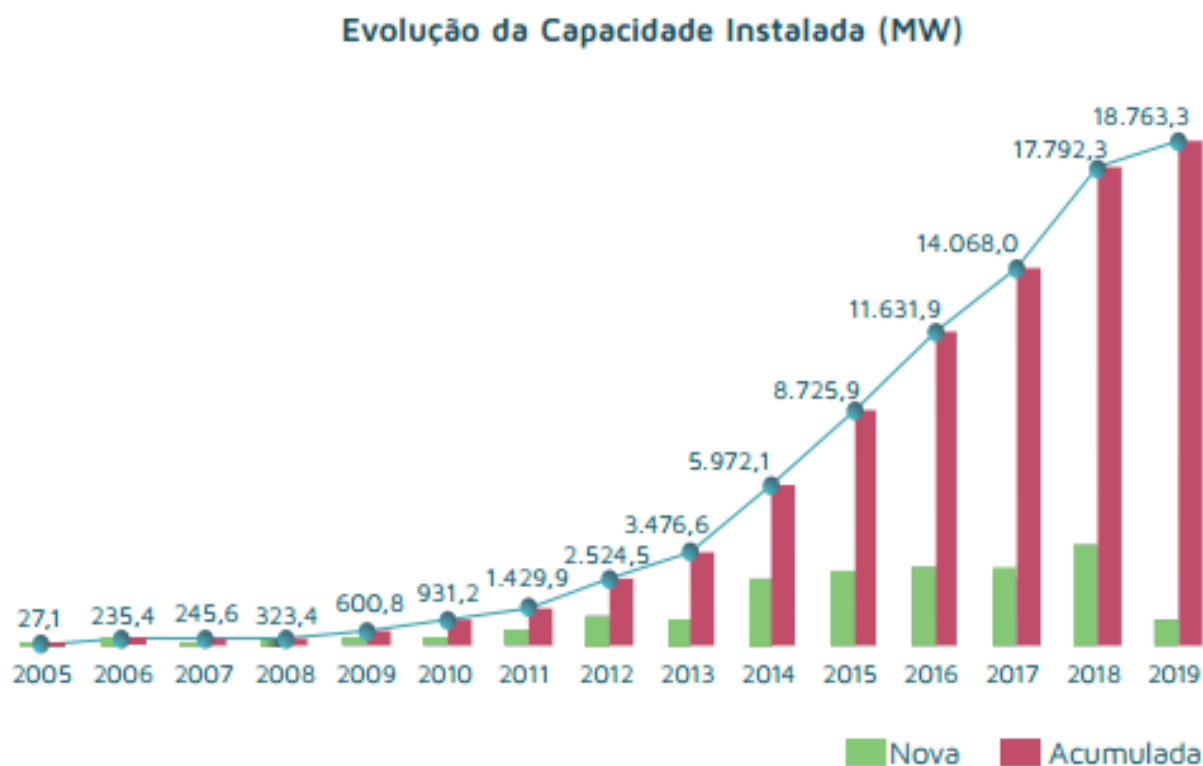


Figura 5 – Projeção e evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil, Fonte: (ANEEL; ABEEólica, 2016).

A maior concentração de capacidade instalada encontra-se nos estados do Rio Grande do Norte, Bahia e Rio Grande do Sul. O estado de Santa Catarina aparece na lista entre os 10 estados da federação que possuem a maior capacidade instalada, contando com dois empreendimentos já instalados em seu território, um no município de Água Doce, na região Oeste, e outro em Bom Jardim da Serra. Existem estudos que comprovam que o melhor potencial eólico do estado se encontra na região Sul do estado, onde já há previsão de instalação de um novo empreendimento no município de Laguna (ABEEólica, 2015; SILVA, 2015).

## 2.5 Análise de viabilidade econômica

A análise econômica de um projeto tem grande importância assim como o estudo de viabilidade técnica a definição das etapas e suas respectivas participações nos custos

finais devem estar presentes durante o levantamento dos encargos necessários para a análise de viabilidade. Sobre o aspecto econômico, podem ser definidas duas etapas: custos iniciais do projeto e custos anuais com operação e manutenção. Na tabela 2 estão descritos os demais custos iniciais envolvidos no projeto (DUTRA, TOMALSQUIM, 2002).

Tabela 2 – Custos iniciais do projeto

<b>Custos iniciais do projeto</b>	<b>Médio/ Grande Porte (%)</b>	<b>Pequeno Porte (%)</b>
Estudos de viabilidade	Menos de 2	1 – 7 %
Negociações de desenvolvimento	1 – 8 %	4 – 10 %
Projetos de Engenharia	1 – 8 %	1 – 5 %
Equipamentos	67 – 80 %	47 – 71 %
Instalação e infraestrutura	17 – 26 %	13 – 22 %
Diversos	1 – 4 %	2 – 15 %

Fonte: RETSCREEN, 2015.

Os custos anuais de manutenção e operação referem-se a despesas com equipamentos (manutenções preventivas e corretivas), arrendamento de propriedades, seguros, entre outros. Em muitos casos o custo orientativo de manutenção e operação dos aerogeradores é fornecido pelo fabricante, custo o qual representa a maior parte das despesas anuais de manutenção (DUTRA, TOMALSQUIM, 2002).

Após o levantamento dos custos e estimativas de receita, utilizam-se ferramentas para a análise de viabilidade econômica, *Payback* – Período de retorno do investimento inicial, TIR – Taxa Interna de Retorno Inicial, que é a taxa de atualização do projeto que resulta em um fluxo de caixa descontado igual ao valor do investimento e VPL - Valor Presente Líquido, que são os resultados dos fluxos de caixas, descontando a data zero pelo custo de capital do projeto e subtraído do investimento inicial (BRUNI et al,1998; SILVA, 2015).

## 2.6 Iluminação viária

A iluminação de vias públicas é baseada sob a norma em vigência NBR 5101/1992. Essa norma, determina os requisitos mínimos necessários para a iluminação viária, requisitos estes que propiciam um nível de segurança para pedestres e veículos (SERAFIM, 2011).

## 3. METODOLOGIA

Os métodos utilizados no presente trabalho, são descritos a seguir.

### 3.1 Análise do potencial eólico na região de Laguna

A metodologia para análise do potencial eólico na região de Laguna foi baseada na descrita por SILVA (2015), que fez o levantamento do potencial eólico do sul de Santa Catarina, analisando dados de velocidade média dos ventos e da densidade de potência.

Os dados analisados foram retirados da base do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram disponibilizados dados horários do período que compreendiam medições realizadas entre os dias 18/02/2016 a 31/10/2016, totalizando nove meses de medição. Os dados entre novembro de 2015 a 17 fevereiro de 2016 não foram disponibilizados por falhas no sistema de medição. Foram então utilizados os valores descritos no trabalho de SILVA (2015) como base, tendo em vista que o mesmo utilizou da mesma estação de medição, estação meteorológica localizada no bairro de Santa Marta.

Os dados são adquiridos através de instrumentos de medição instalados a 10 metros de altura em um mastro metálico, aterrado eletricamente. Devido a altitude onde os dados foram medidos, foi necessário a extrapolação para diferentes alturas, sendo que, para um aumento na altitude, existe um aumento na velocidade do vento. Foram então utilizadas as equações 1 e 2 para a extrapolação dos dados de velocidade para altura 100 metro, pois o local onde se deseja instalar o aerogerador está próximo dessa altitude.

$$V_{2(z)} = V_1 * \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^\alpha \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{[0,37 - 0,08 \ln(V_1)]}{[1 - 0,08 \ln(\frac{Z_2}{10})]} \quad (2)$$

$$0,1 \leq \alpha \leq 0,3$$

Onde:

$V_{2(Z)}$  = Velocidade média do vento na altura extrapolada [m/s];

$V_1$  = Velocidade média do vento a 10 metros [m/s];

$Z_1$  = Altura dos dados existentes [m];

$Z_2$  = Altura dos dados extrapolados [m].

A partir dos dados de velocidade média dos ventos, é possível estimar a densidade do potencial eólico (equação 3), o qual é relacionado com a densidade do ar e o fator de forma de Weibull.

$$\bar{P} = \frac{P}{A} = D_p K_E = \frac{\rho v^3 K_E}{2} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad (3)$$

Onde:

$P$  = Potência [W];

$A$  = Área [m<sup>2</sup>];

$D_p$  = Densidade de Potência [W/m<sup>2</sup>]

$\rho$  = Densidade do ar [kg/m<sup>3</sup>];

$K_E$  = Fator de forma de Weibull;

$v^3$  = Velocidade média do vento [m/s].

O fator de forma de Weibull ( $K_E$ ) define o perfil de distribuição dos dados de velocidade do vento. Sua determinação é descrita através da equação 4. O fator é amplamente utilizado em trabalhos para análise de potencial eólico, pois sua aproximação com a distribuição de frequência dos ventos é muito próxima da realidade.

$$K_E = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^3}{n}}{\frac{(\sum_{i=1}^n v_i^3)^3}{n^3}} \quad (4)$$

Onde:

$K_E$  = Fator de forma de Weibull;

$v_i$  = Velocidade média do vento [m/s];

$n$  = Número de dados da amostra.

Serão utilizados para a escolha do aerogerador a ser implantado. O resultado de velocidade média dos ventos, assim como o histograma de distribuição gerado através do fator de Weibull, onde será verificado o padrão de distribuição dos ventos.

## **3.2 Determinação do consumo de energia elétrica e carga instalada**

### **3.2.1 Consumo de energia elétrica**

O consumo de energia elétrica da ponte foi baseado nos dados disponibilizados pela concessionária Centrais Elétricas de Santa Catarina - CELESC. O período analisado foi de setembro de 2015 até agosto de 2016, totalizando um ano. O empreendimento foi inaugurado em julho de 2015 conforme comentado na introdução do presente trabalho, os débitos referentes a julho e agosto do mesmo ano foram quitados pela empresa responsável pela construção da ponte.

O consumo total da ponte se dá através de duas medições individuais, uma localizada na cabeceira norte da ponte, e outra na cabeceira sul. Não há geração de fatura de energia, pois ainda não existe um responsável pelo pagamento. Sendo assim, os valores são lidos mensalmente e armazenados no banco de dados da CELESC.

De acordo com a Resolução Normativa 414/2010, a ponte Anita Garibaldi é classificada dentro do grupo A de consumidores, onde a tensão de alimentação é superior a 2,3 kV. Sua classificação dentro deste grupo consumidor é A4, com níveis de tensão entre 2,3 kV a 25 kV, tendo em vista que sua tensão de alimentação é de 13,8 kV.

Como não existe ainda um responsável pelo pagamento, a concessionária hoje analisa os dados obtidos em três diferentes modalidades: Convencional, HoroSazonal Verde e HoroSazonal Azul. Para tarifa Convencional o valor do consumo não varia de acordo com o horário do consumo, ou seja, os horários fora da ponta e na ponta. Já para HoroSazonal Verde e Azul, os valores variam de acordo com o horário de consumo na

ponta e fora da ponta, e a demanda para HoroSazonal Azul também existe variação na ponta e fora da ponta.

O consumo em horário de ponta, nada mais é do que o período do dia de maior utilização de energia elétrica. A concessionária utiliza-se como horário de ponta o período das 18:30 até as 21:30 durante o ano e das 19:30 as 22:30 durante o horário de verão.

Para o presente trabalho serão apresentadas as medições de consumo e os valores, em débitos acumulados ao longo de um ano, do menor valor dentre as modalidades HoroSazonal Azul e Verde, tendo em vista que a modalidade Convencional para o grupo A foi extinta em 22/08/2016, através da Resolução Homologatória nº 2.120 de 16 de agosto de 2016.

### **3.2.2 Carga instalada**

A carga instalada na ponte Anita Garibaldi é exclusivamente de iluminação as descrições técnicas dos equipamentos, assim como suas quantidades, foram retiradas do Projeto de Iluminação Viária e Decorativa da ponte.

## **3.2 Análise da viabilidade de implantação da geração distribuída eólica**

A análise de viabilidade de implantação da geração distribuída eólica depende de diversos fatores, que estão inseridos dentro da viabilidade técnica de implantação, que compreendem análise do potencial eólico, impactos ambientais, análise da carga, entre outros (SILVA, 2015). Foram levadas em consideração as etapas descritas na figura 6, para a análise de viabilidade de implantação da geração distribuída eólica.

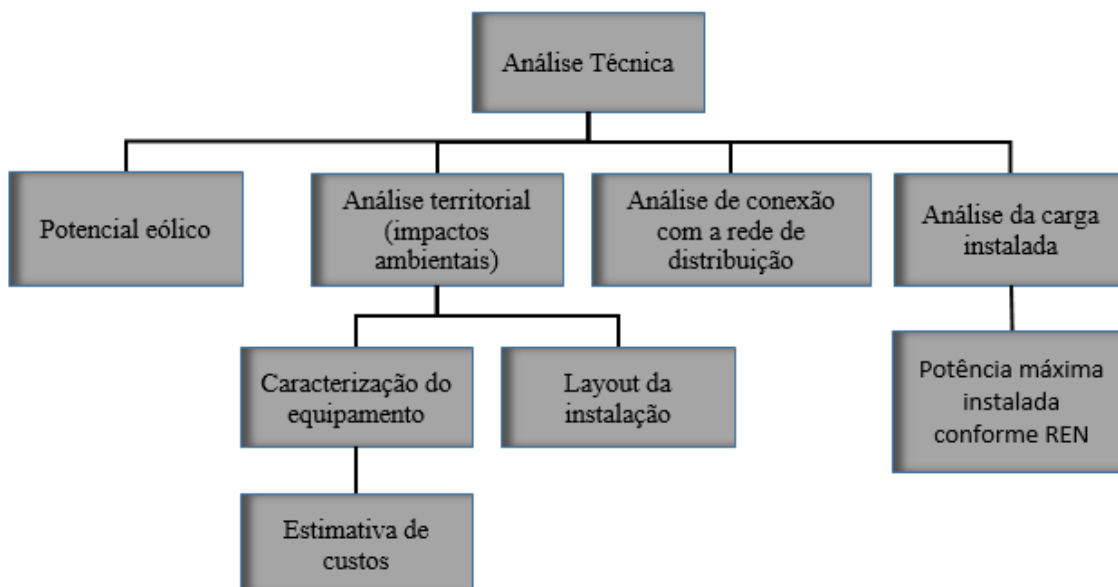


Figura 6 – Fluxograma de etapas necessárias para implantação de geração distribuída eólica  
(Fonte: adaptada SILVA,2015)

Dentro da análise técnica demonstrada através de um fluxograma, conforme figura 6, foram contempladas quatro principais etapas para a viabilidade do projeto de geração distribuída eólica: potencial eólico, análise territorial, análise de conexão com a rede e análise da carga instalada.

O potencial eólico de geração será analisado conforme descrito no item 3.1 do presente trabalho.

A análise territorial, será dividida em três etapas: caracterização do equipamento, estimativa de custos e layout da instalação. A caracterização do equipamento englobará o local onde o mesmo será instalado, levando em consideração as condições técnicas de instalação. A estimativa de custos englobará a obra como um todo, desde o projeto até a execução do empreendimento; os valores serão baseados em estimativas por meio de consulta com empresas especializadas no setor de geração eólica. O layout da instalação será baseado de acordo com o local escolhido para a instalação do equipamento, determinando a distribuição dos equipamentos a serem instalados na área determinada.

A análise de conexão com a rede de distribuição será feita utilizando-se dos dados disponibilizados pela concessionária de energia elétrica, tendo em vista que o sistema será conectado na rede de distribuição, verificando se existe rede de distribuição próxima ao empreendimento.

A carga será analisada conforme descrito no item 3.2.2, e sua classificação como geração distribuída será determinada através da Resolução Normativa 687/2015.



### 3.3 Análise de viabilidade econômica

A análise de viabilidade econômica foi baseada em três principais ferramentas: *Payback* simples, *Payback* descontado e VPL.

No *Payback* simples é levado em conta o tempo de retorno do capital investido. No caso do presente trabalho será utilizada a tabela 2 do item 2. Sendo assim o *Payback* é definido quando a soma dos fluxos de caixa anuais futuros for igual ao do valor investido no projeto.

O *Payback* descontado é calculado de forma semelhante ao *Payback* simples. Porém, é levado em consideração o valor do dinheiro ao longo do tempo, trazendo todos os valores do fluxo de caixa, para o presente, através do valor presente líquido (VPL).

O VPL ou método do fluxo de caixa descontado, é definido através da equação 5. O VPL foi analisado para um período de 20 anos, sendo que esse é o tempo de vida útil de uma unidade geradora eólica.

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} \quad (5)$$

Onde:

$I$  = Investimento inicial;

$FC_t$  = Fluxo de caixa líquido na data “t”;

$r$  = Custo de capital;

Como investimento inicial, foram utilizados os valores dos equipamentos e instalações, assim como a estimativa do custo para compra do local onde o equipamento será instalado. Os custos de equipamentos, mão de obra e instalação foram repassados pelo fornecedor do equipamento determinado no presente trabalho.

Para o custo de capital, foi utilizado como base a média da taxa referencial do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) dos últimos 10 anos, fornecida pelo banco de dados da receita federal.

O  $FC_t$  será o valor anual da tarifa de energia elétrica que deixará de ser pago a concessionária, reajustado para cada período. Para estes valores, foi realizada a média dos últimos 20 anos, do percentual de aumento do custo da energia elétrica, englobando o ano de 2016, baseando-se nas resoluções homologatórias da ANEEL. Além disso, será

descontado 0,5% do valor total de cada tarifa anual, referentes as taxas que deverão ser pagas ao município (IPTU) e o custo de manutenção e operação do equipamento.

O período de análise ( $t$ ) será de 20 anos, que é o prazo de garantia informado no catálogo do equipamento determinado.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Análise do potencial eólico**

A estação anemométrica onde foram realizadas as medições, localiza-se no bairro de Santa Marta, a cerca de 13,3 km do local escolhido para implantação do aerogerador. Os dados obtidos serão uma estimativa da real velocidade média dos ventos, sendo que a medição não se encontra no mesmo ponto de instalação. Os dados apresentados serão utilizados para a análise da viabilidade de implantação da geração distribuída para a ponte Anita Garibaldi.

Na figura 7 estão dispostas as velocidades médias mensais para as alturas de 10 e 100 metros respectivamente. Os dados do período de novembro de 2015 a janeiro de 2016 não estavam disponíveis devido a problemas técnicos na estação de medição. Foram, então, utilizados como base os valores encontrados no trabalho de (SILVA, 2015), o qual disponibilizou dados mensais apenas para a altura de 100 m.

A velocidade média anual para a altura de 10 metros foi de 5,8 m/s, levando em consideração nove meses do ano, e 10,16 m/s para altura de 100 m, englobando 12 meses do ano. Nesta análise, foram considerados todos os valores de velocidade do vento medida, totalizando 6144 dados analisados.

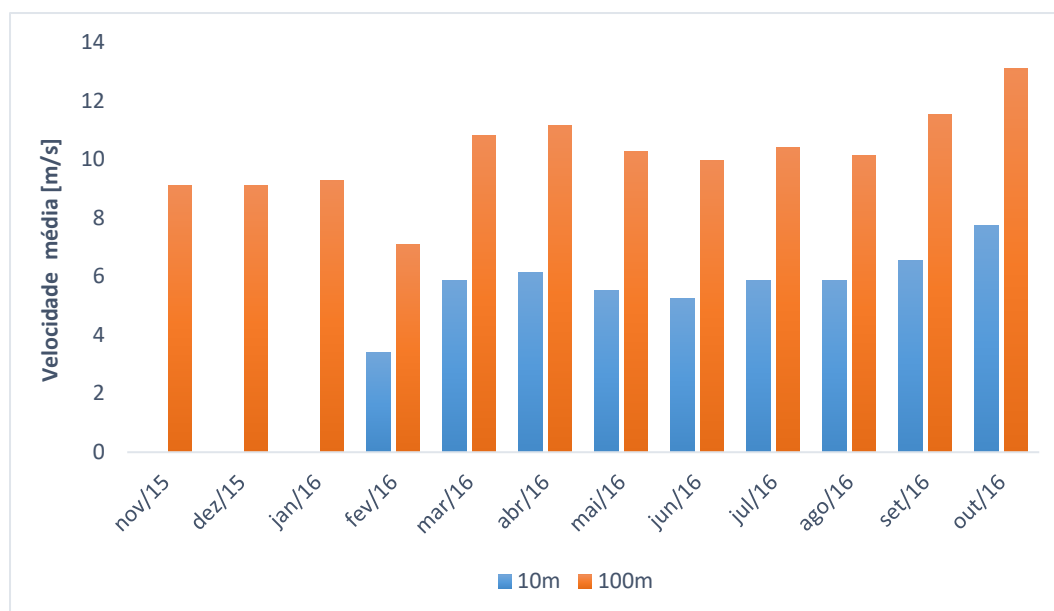


Figura 7 – Velocidade média do vento para 10 e 100 metros de altura (fonte: do autor)

Na figura 8 são vistos os valores da densidade de potência para as alturas de 10 e 100 m respectivamente. A média anual foi de 328 W/m<sup>2</sup> para 10 metros de altura e 1487 W/m<sup>2</sup> para 100 metros de altura. Assim como para a velocidade média, os valores de potência para os meses de novembro de 2015 a janeiro de 2016, foram utilizados como base os valores de SILVA (2015). Nota-se um aumento da densidade de potência no período de julho a agosto, onde o maior valor se encontra no mês de outubro, com uma densidade de potência de 2474 W/m<sup>2</sup>.

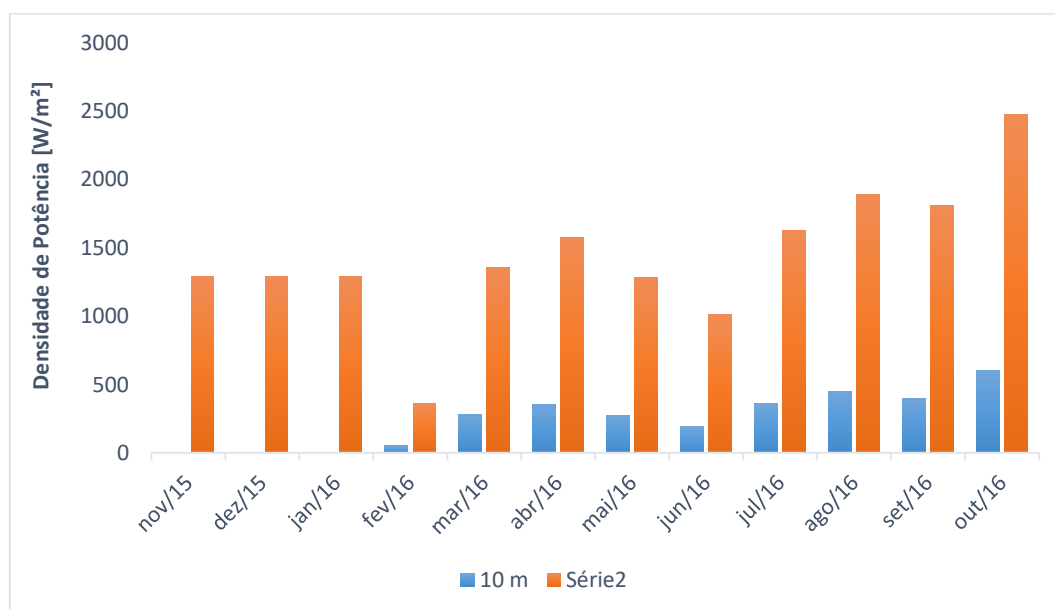


Figura 8 – Densidade de potência para 10 e 100 metros de altura (fonte: do autor)

Nas figuras 9 e 10 estão as distribuições de frequência relativa para 10 e 100 metros respectivamente. Na altura de 10 m, a maior frequência relativa da velocidade média foi de 2,1 a 5 m/s , equivalentes a 30% do total. Em 100 metros a maior frequência foi entre 4,1 a 11 m/s, referentes a 40% do total. A média anual do fator de Weibull encontrada foi de 2,5 para 10 m e 1,98 para 100 metros.

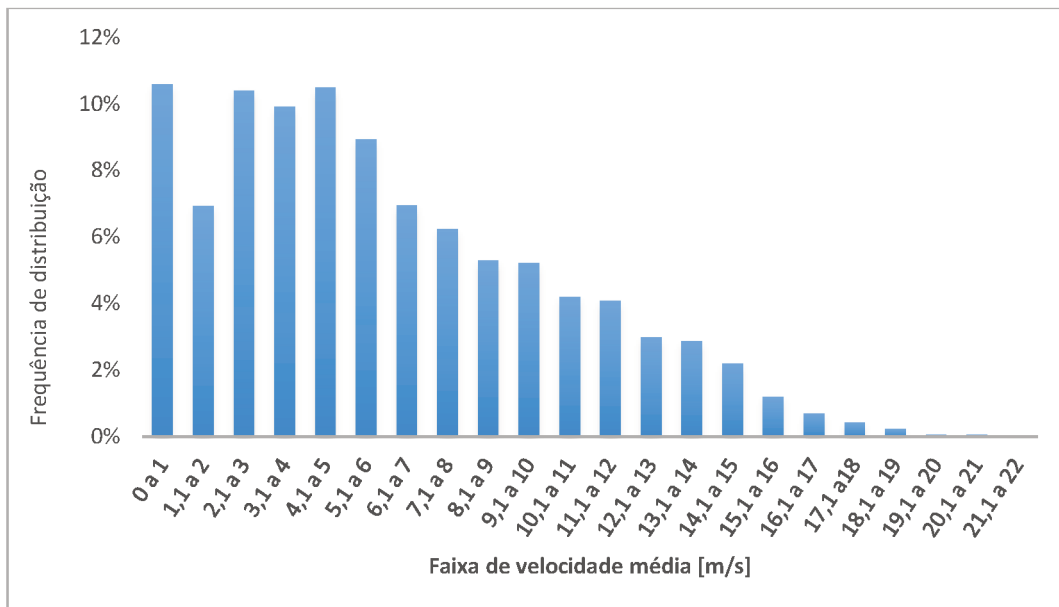


Figura 9 –Frequência relativa de velocidade para 10 metros de altura (fonte: do autor)

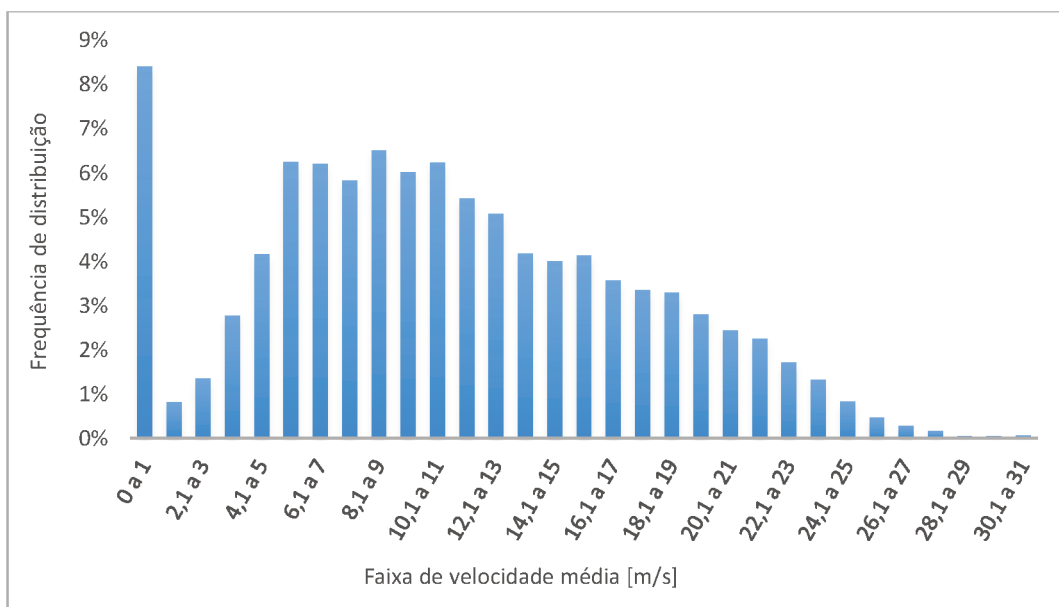


Figura 10 –Frequência relativa de velocidade para 100 metros de altura (fonte: do autor)

Analisando as distribuições de frequência, nota-se que existem períodos com baixas velocidades de vento, entre 0 e 1 m/s. Esses dados demonstram que devem ser levados em consideração os períodos não produtivos, ou seja, períodos com baixa velocidade onde não existe geração de energia elétrica, no momento da escolha do aerogerador.

## 4.2 Carga instalada

Os equipamentos instalados no empreendimento são descritos a seguir.

### 4.2.1 Luminária *light emitter diode* (LED), tipo modelo Greenvision Xceed BRP 373.

A luminária para Iluminação Pública a LED é vista figura 11, com potência de 275 W, corpo em alumínio injetado à alta pressão composta por LEDs de potência brancos com temperatura de cor de 4000K±500K, testados de acordo com a norma IESNA LM80 (*Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources*). Os LEDs são montados em placa de circuito metalizada (alumínio), que oferece menor resistência térmica e fluxo luminoso de 25.100 lumens.



Figura 11 - Greenvision xceed BRP 373 (Fonte: Projeto de Iluminação Viária e Decorativa Ponte Anita Garibaldi, 2014)

### 4.2.2 Projetor *light emitter diode* (LED), tipo modelo Colorreach Powercore.

Projetor ColorReach com 104 LEDs de potência RGB visto na figura 12, fluxo luminoso de 8.488 lumens, largura e altura total de 734,0 e 521,0 mm, respectivamente, peso de 34 kg, óptica primária de colimadores para direcionamento de fluxo luminoso com fecho de abertura 5° e possibilidade de ajuste do fecho através da utilização de lentes externas auxiliares de 8°, 13°, 23°, 40°, 63° e 5° x 17°. Proteção dos LEDs realizada com vidro temperado, corpo em alumínio na cor preta, fonte de alimentação elétrica integrada

multi-tensão, 100 a 240 Vac – 50/60 Hz, Fator de potência maior que 0,9 e consumo total máximo de 290 W.



Figura 12 - Colorreach Powercore (Fonte: Projeto de Iluminação Viária e Decorativa Ponte Anita Garibaldi, 2014)

#### 4.2.3 Projeter *light emitter diode* (LED), tipo modelo Colorblast 12 Powercore.

Projeter ColorBlast com 36 LEDs de potência RGB visto na figura 13, com fluxo luminoso de 1.418 lumens, largura e altura total de 318,0 e 180,0 mm, respectivamente, peso de 2,9 kg, óptica primária de colimadores para direcionamento de fluxo luminoso com fecho de abertura 10°. Proteção dos LEDs realizada com vidro temperado, corpo em alumínio na cor preta, fonte de alimentação elétrica integrada multi-tensão, 100 a 240 Vac – 50/60 Hz, Fator de potência maior que 0,9 e consumo total máximo de 50 W.



Figura 13 - Colorblast 12 Powercore (Fonte: Projeto de Iluminação Viária e Decorativa Ponte Anita Garibaldi, 2014)

#### 4.2.4 Equipamento auxiliar, tipo modelo Data Enabler Pro Eu.

Interface para integração dos sinais de alimentação e DMX visto na figura 14, que permite o controle e variação da intensidade dos LEDs. Alimentação de 100 a 240 Vac – 50/60 Hz, com comprimento e largura de 246,0 e 89,0mm, respectivamente, consumo de 10W e grau de proteção IP66 comprovado através de laboratório independente.



Figura 14 - Data Enabler Pro Eu (Fonte: Projeto de Iluminação Viária e Decorativa Ponte Anita Garibaldi, 2014)

#### 4.2.5 Controlador DMX, tipo modelo Iplayer3.

Controlador DMX para sistema RGB com Software Colorplay de edição e armazenamento de até 250 Mbytes em shows, visto na figura 15. Cabo de Alimentação e Cabo de Comunicação USB inclusos. Permite edição e ajuste de shows em tempo real, bem como acionamento através de horários programados. Possui corpo em policarbonato, tela de LCD e botões que permitem customizar shows pré-programados. Capacidade de controle de até 340 luminárias individualmente, com cinco (05) botões para seleção de shows pré-programados e um (01) botão para cancelamento.

Dimensões de 209 x 137 x 33 mm, com relógio e calendário internos. Possui duas portas seriais RS232 e slot para cartão de memória SD. Consumo de 05 W, tensão de alimentação de 100 a 240 Vac – 50/60 Hz, peso de 0,54 kg e temperatura de operação de -10 a 40°C. Interface USB 2.0, sinal DMX512 RJ-45 e interface externa serial.



Figura 15 - Iplayer3 (Fonte: Projeto de Iluminação Viária e Decorativa Ponte Anita Garibaldi, 2014)

A quantidade de equipamentos, assim como a carga total instalada, está descrita na tabela 3.

Tabela 3 – Características técnicas dos equipamentos

<b>Equipamento</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência total instalada (W)</b>
Greenvision Xceed BRP 373	275	164	45100
Colorreach Powercore	290	52	15080
Colorblast 12 Powercore	50	20	1000
Data Enabler Pro Eu	10	16	160
Iplayer3	5	1	5
<b>Total</b>		<b>253</b>	<b>61.345</b>

Fonte: Projeto de Iluminação Viária e Decorativa Ponte Anita Garibaldi, 2014

Através da tabela 3, nota-se que a ponte Anita Garibaldi tem em sua iluminação viária e decorativa, uma carga instalada de 61.345 W ou 61,3 kW, distribuídos em 253 equipamentos.

As cargas são distribuídas em dois pontos de medição (cabeceira sul e norte). Para cabeceira sul, está instalada uma potência de 27,9 kW e para cabeceira norte de 33,8 kW, sendo alimentadas em rede de 13,8 kV, trifásica com transformadores de 75 kVA em postes de 11 m em cada ponto de medição, conforme descrito no projeto de iluminação viária e decorativa da ponte. Na figura 16, observa-se o ponto de medição e alimentação para a cabeceira norte.





Figura 16 – Alimentação em 13,8 kV cabeceira norte. (Fonte: do autor)

### 4.3 Consumo de energia elétrica

Na figura 17 está disposto o consumo da ponte Anita Garibaldi de setembro de 2015 a agosto de 2016, totalizando um ano. O consumo total encontrado foi de 263.552 kWh. Vale lembrar que os valores de consumo, englobam as duas medições, ou seja, os dados de consumo da cabeceira sul e cabeceira norte da ponte.

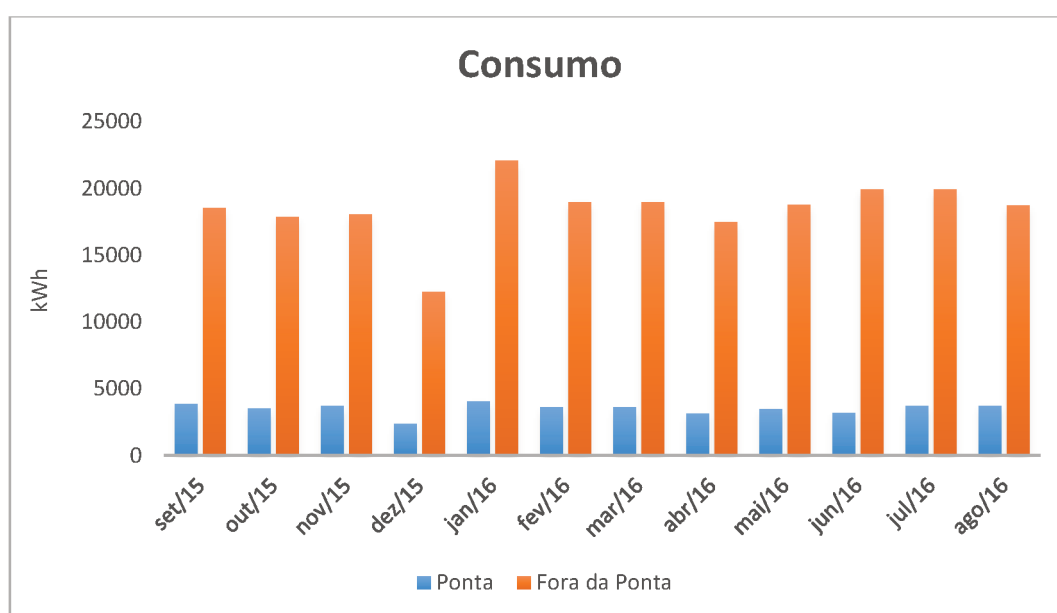


Figura 17 – Consumo em kWh da ponte Anita Garibaldi (Fonte: adaptado CELESC, 2016)

Na figura 18, é possível verificar a demanda máxima contratada em kW na ponta e fora da ponta para o mesmo período analisado.

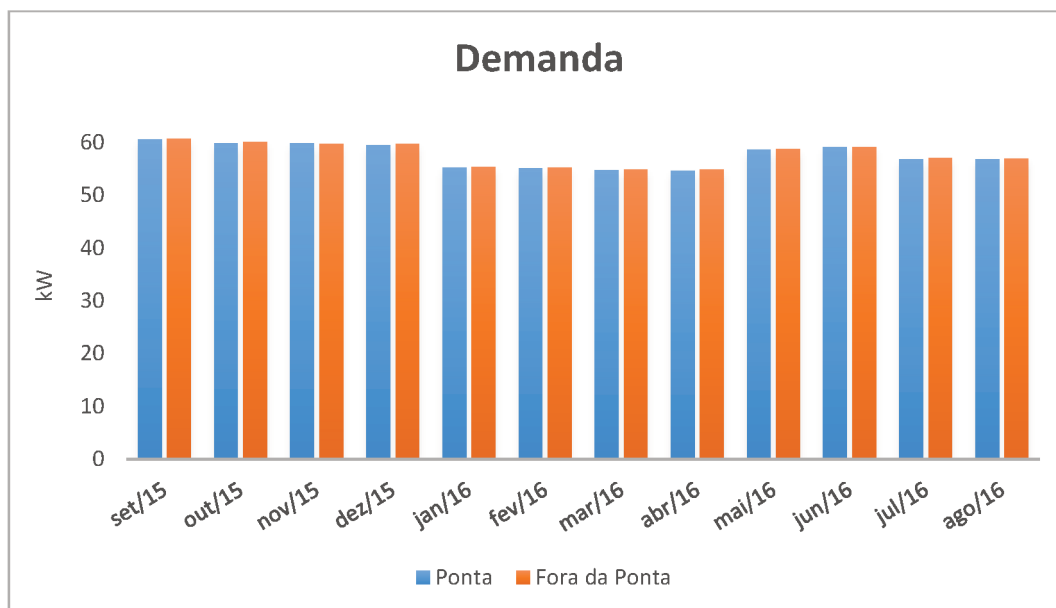


Figura 18– Demanda em kW da ponte Anita Garibaldi (Fonte: adaptado CELESC, 2016)

Os valores totais mensais para cada uma das modalidades de consumo analisadas, são demonstrados através da figura 19. Nesses valores já são considerados os valores em R\$/kWh e R\$/kW, onde englobam o consumo e a demanda, assim como os valores em R\$ fora e na ponta.

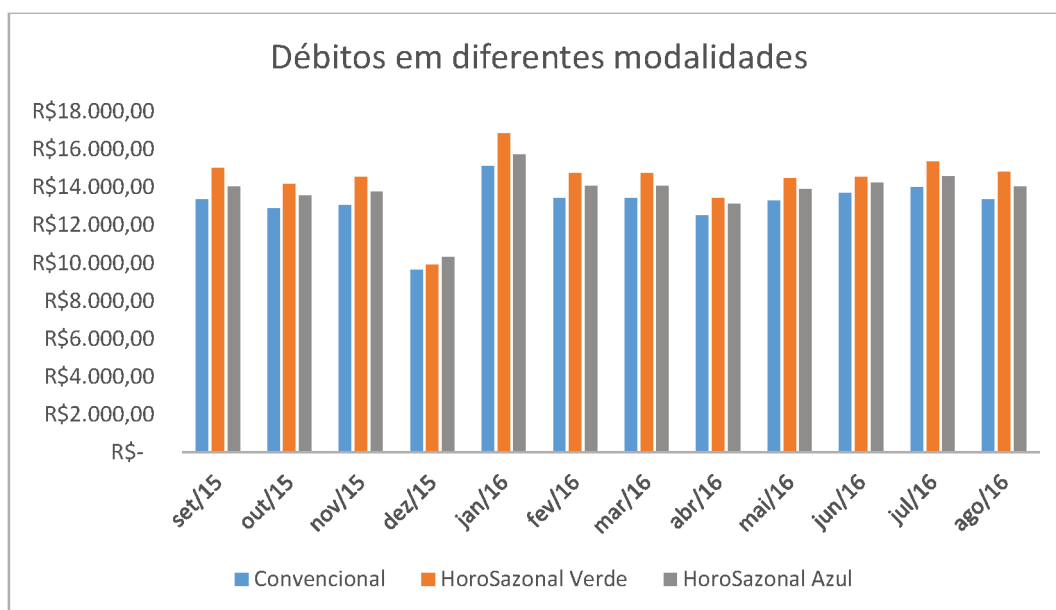


Figura 19 – Débitos em diferentes modalidades de consumo e demanda (Fonte: adaptado, CELESC 2016)

Os valores das tarifas de consumo e demanda para as diferentes modalidades estão descritos na tabela 4. Nota-se que, para a modalidade convencional, não existe variação no preço do consumo e da demanda. Foi determinado então como “geral” os valores de consumo e demanda onde não houvesse variação na tarifa de acordo com o horário, ou seja, na ponta ou fora.

Tabela 4 – Valores de consumo e demanda de acordo com a modalidade

Modalidade	Geral		Ponta		Fora da Ponta	
	Consumo R\$/kWh	Demanda R\$/kW	Consumo R\$/kWh	Demanda R\$/kW	Consumo R\$/kWh	Demanda R\$/kW
<b>Convencional</b>	0,48	21,90	-	-	-	-
<b>HS Verde</b>	-	14,60	1,53	-	0,44	-
<b>HS Azul</b>	-	-	0,64	20,27	0,44	14,60

Fonte: adaptado CELESC, 2016.

#### 4.4 Viabilidade técnica da implantação de geração distribuída

A velocidade média anual de 10,16 m/s para 100 metros de altura e o consumo de 263.552 kWh, determinados nos itens 4.1 e 4.2, respectivamente, foram utilizados para a determinação do aerogerador a ser utilizado para o estudo. De acordo com os dados obtidos, verificou-se então que é viável tecnicamente a implantação da geração distribuída eólica no empreendimento.

O aerogerador XZERES 50, visto na figura 20, foi escolhido por atender as características de velocidade média dos ventos na região e consumo do empreendimento. A geração média anual está em torno de 285.000 kWh a uma velocidade média de 10 m/s, conforme dados de geração anual de energia elétrica fornecidos pelo fabricante (figura 21). Porém, foi realizada um tratamento nos dados de velocidade, tendo em vista que este modelo de aerogerador gera energia elétrica a partir de 2,7 m/s, conforme dados técnicos da tabela 5. Foram então zerados os dados abaixo de 2,7 m/s e acima de 25 m/s (velocidade de corte) e realizada uma nova média anual de ventos, tendo em vista que este é o valor de velocidade média real onde existirá geração de energia elétrica. O valor obtido foi de 9,96 m/s, sendo assim a geração de energia elétrica anual estimada é de 280.000 kWh.



Figura 20 – Aerogerador XZERES 50 (Fonte: Energia Pura, 2016)

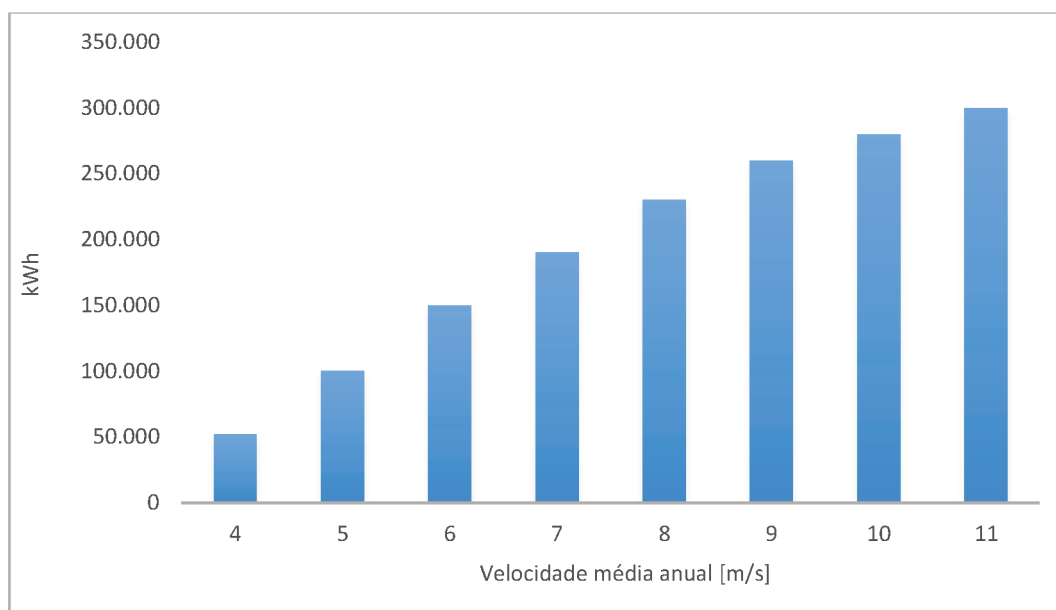


Figura 21 - Geração anual de energia elétrica de acordo com a velocidade média anual (Fonte: adaptado Xzeres, 2016)

Tabela 5 – Características técnicas aerogerador

<b>Características técnicas aerogerador</b>	
Modelo	Xzeres 50
Potência nominal	50 kW
Diâmetro do rotor	16,5 m
Altura da torre	30 m
Proteção	Anti-corrosiva para litorais
Velocidade mínima de geração	2,7 m/s
Vida útil	20 anos
Gerador	Imã permanente
Tensão de geração	Monofásica 230 Vac
	Trifásica 480 Vac

Fonte: adaptado XZERES, 2016.

De acordo com a resolução normativa 687/2015, toda central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 kW, e que utilize geração qualificada conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras, é determinada como microgeração distribuída. Sendo assim, a proposta de geração distribuída para a ponte se encaixa nessa classificação determinada pela Regulamentação Normativa.

O local para a instalação do equipamento foi determinado através de algumas principais características, sendo elas: proximidade com a rede de distribuição, topografia do terreno e facilidade de acesso a equipamentos e pessoas.

Conforme figura 22, o local determinado possui uma estrada para acesso, e rede de distribuição próxima, sendo que no ponto circulado em vermelho na figura, existem torres de telefonia, cujo local necessita de alimentação elétrica para seu funcionamento.

A área escolhida, localiza-se no topo do morro da Glória, área com 126 metros de altura em relação ao nível do mar, com vegetação de pequeno porte ao seu redor, não ultrapassando 4 metros de altura. O local possui cerca de 120 metros quadrados de área, sendo uma área suficiente para o porte do aerogerador escolhido. Seu acesso é fácil com ruas calçadas e iluminadas.

Como o local escolhido não se encontra junto a unidade consumidora, como pode ser visto na figura 23, de acordo com a REN 687/2015 a microgeração distribuída será classificada como autoconsumo remoto, sendo necessário que o local seja adquirido ou

alugado através do responsável pela fatura de energia elétrica da ponte, onde o CPF ou CNPJ esteja vinculado às unidades consumidoras.



Figura 22 – Área determinada para instalação do aerogerador (Fonte: adaptada Maps Google, 2016)



Figura 23 – Ponto de microgeração em relação a unidade consumidora (Fonte: adaptada Maps Google, 2016)



Na figura 24, pode-se observar a distância entre a estação anemométrica e o local determinado para a instalação do equipamento, cerca de 13,3 km. Nota-se que o terreno possui baixa rugosidade, sendo formado por áreas de planície utilizadas para pecuária e rizicultura, assim como áreas alagadas, formadas por lagoas e rios, além de uma pequena parcela de área residencial. A elevação que existe entre estes dois pontos, é no local onde o equipamento será instalado, um morro com altura de 80 metros em relação ao nível da estação anemométrica.



Figura 24 – Distância entre o ponto de instalação do aerogerador até a estação anemométrica (Fonte: Maps Google, 2016)

Na figura 25, observa-se a proposta do local a ser instalado o aerogerador em relação a localização da estação anemométrica, justificando a extrapolação dos dados para a altura de 100 metros. De maneira simplificada, o ponto definido como “A” na figura 22, é o local onde a medição de velocidade do vento na estação anemométrica está instalada, a uma altura de 10 metros em relação ao nível do solo. O ponto definido como “B” é o local de instalação do equipamento de geração, que está a 110 metros de altura em relação ao ponto de medição, já considerando a altura da torre do aerogerador.



Figura 25 – Esquemático simplificado do ponto de medição ao ponto de instalação (Fonte: do autor)

#### 4.5 Viabilidade econômica

O custo do investimento inicial para instalação da geração de energia eólica distribuída no empreendimento ficou em torno de R\$ 1.000.000,00 a distribuição dos custos é descrita na tabela 5. Os valores de equipamento e instalações foram fornecidos pelo fabricante, os custos de aquisição do local, foram baseados no preço médio do metro quadrado da região de Laguna. É importante ressaltar que os custos para estudos de impactos ambientais estão dentro do item “Diversos” da tabela 2 e os demais custos foram estratificados de acordo com as porcentagens indicadas na tabela 2 do presente trabalho.

Tabela 5 – Valores de investimento inicial

Atividade / Material	Investimento inicial	
	%	R\$
Equipamento	70	700.000,00
Instalações civis e elétricas	14	140.000,00
Mão de obra	2,5	25.000,00
Aquisição do local de instalação	4	40.000,00
Projeto	3,5	35.000,00
Diversos	6	60.000,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>1.000.000,00</b>

Fonte: do autor; energia pura, 2016.

Os custos fixos ou anuais, assim como as taxas utilizadas para os cálculos de *Paybak* e VPL, são descritos na tabela 6.



Tabela 6 - Taxas

<b>Taxa</b>	<b>% ao ano</b>
Juros (Selic)	10,9
Operação e manutenção	0,5
Reajuste da tarifa de energia elétrica	12,07

Fonte: do autor.

Na tabela 7, são demonstrados os fluxos de caixa, para *Payback* simples e descontado.

Tabela 7 – Fluxos de caixa

<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa simples</b>	<b>Fluxo de caixa descontado</b>
	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>
0	-1.000.000	-1.000.000,00
1	-877.416,00	-889.494,28
2	-740.036,11	-777.852,91
3	-586.074,47	-665.064,24
4	-413.529,66	-551.116,46
5	-220.158,69	-435.997,67
6	- 3.447,84	-319.695,84
7	239.420,00	-202.198,80
8	511.602,00	-83.494,27
9	816.636,36	36.430,16
10	1.158.488,37	157.587,02
11	1.541.601,91	279.988,98
12	1.970.957,27	403.648,83
13	2.452.135,81	528.579,50
14	2.991.392,60	654.794,06
15	3.595.737,69	782.305,69
16	4.273.027,22	911.127,73
17	5.032.065,61	1.041.273,63
18	5.882.719,93	1.172.757,02
19	6.836.048,22	1.305.591,63
20	7.904.443,25	1.439.791,34

Fonte: do autor.

Através da tabela 7 foi montada a figura 26, onde são gerados os valores de *Payback*. Para *Payback* simples o retorno do investimento ficou em 6 anos e para *Payback* descontado, 8,7 anos. Esse dado demonstra a importância de levar em consideração a alteração do valor da moeda ao longo do tempo, assim como as taxas envolvidas.

Vale observar ainda a diferença do valor acumulado no último ano do período analisado para *Payback* simples foi de R\$ 7.904.443,25 e para *Payback* descontado de R\$1.439.791,34. Indicando uma grande diferença entre os dois valores, demonstrando a necessidade da análise de investimento, através dos valores presentes líquidos em seu fluxo de caixa.

Vale ressaltar ainda que a TIR foi de 22,13% para o cálculo de *Payback* descontado, o que mostra a atratividade de investimento, sendo que a mesma é mais alta que a taxa de juros, neste caso a Selic estimada em 10,09 %. Ainda comprovando a viabilidade de investimento, o VPL calculado para o *Payback* descontado também foi positivo. Adicionalmente o ganho BC, foi de 1,43 para *Payback* descontado, ou seja, para cada real investido o retorno no período determinado foi de R\$ 1,43.

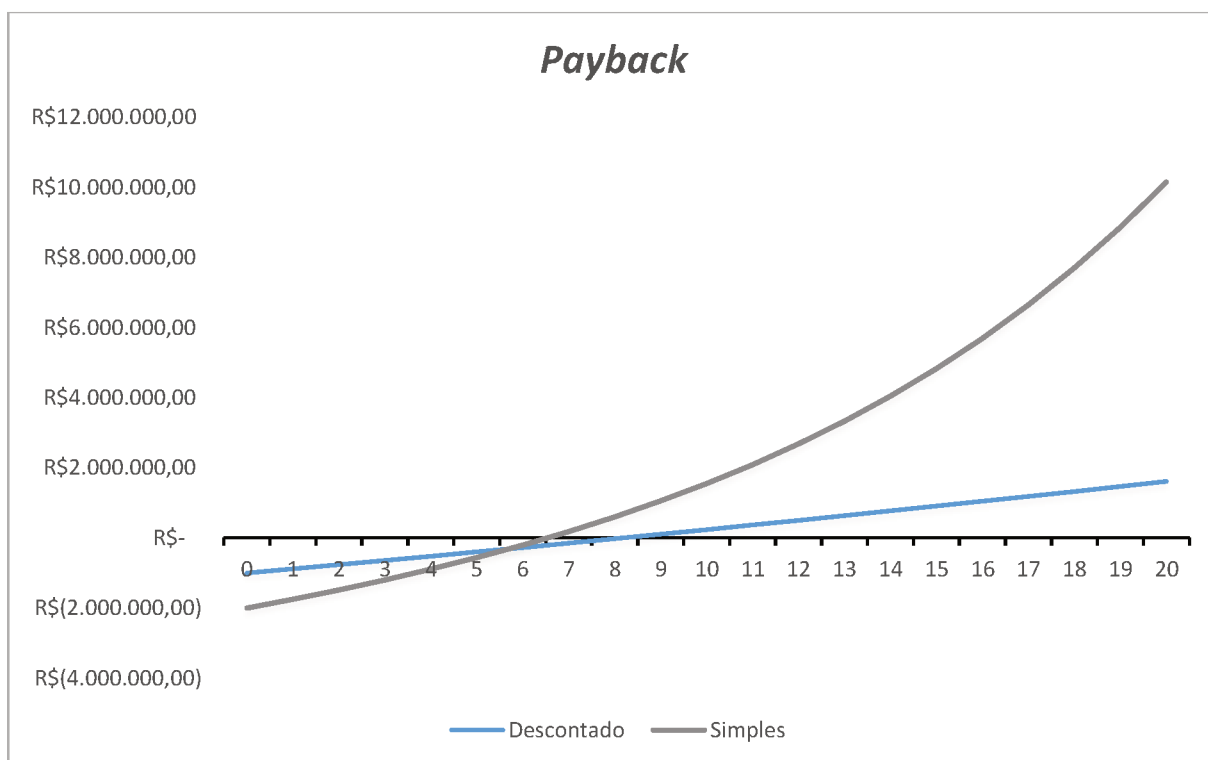


Figura 26 – *Payback* (Fonte: do autor)

E importante citar que a análise econômica da proposta foi realizada baseando-se na economia na tarifa de energia elétrica a ser paga para a concessionária, tendo em vista que conforme REN 687/2015, não há venda no excedente de geração da energia elétrica. Portanto o fluxo de caixa é feito para demonstrar o tempo em que o investimento se pagará.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema eólico de geração distribuída para a ponte Anita Garibaldi, assim como a classificação do sistema de geração proposto baseando-se na REN 482/2012 e na sua alteração com a REN 687/2015.

Inicialmente, foi analisado o histórico do comportamento da velocidade média dos ventos na região de Laguna, através de dados disponibilizados na base do Instituto Nacional de Meteorologia obtidos através da estação anemométrica de Santa Marta.

Com os dados de velocidade média analisados, pode-se verificar um comportamento favorável dos ventos para a implantação da geração de energia elétrica através de sistema eólico, tendo em vista que a média anual encontrada de velocidade dos ventos foi de 10,16 m/s a uma altura de 100m.

Após a análise do comportamento do vento na região, foram levantados dados de capacidade instalada do empreendimento e de consumo ao longo de um ano, entre os meses de setembro de 2015 a agosto de 2016. Tais dados foram obtidos através do projeto de iluminação viária e decorativa e também através da concessionária responsável pelo fornecimento de energia elétrica para o empreendimento. Com o levantamento pode-se observar que a ponte conta com 253 equipamentos instalados somando uma carga instalada de 61,3 kW e consumo no período analisado de 263.552 kWh.

Com os dados de consumo e velocidade média dos ventos, foi então determinado o equipamento de geração distribuída a ser instalado para suprir o consumo de energia elétrica do empreendimento. O equipamento determinado foi o aerogerador XZERES 50, com 50 kW de potência e com capacidade de geração anual de 280.000 kWh por ano a uma velocidade média anual de ventos de 9,93 m/s. Tais características se mostraram compatíveis com os dados de consumo do empreendimento e de velocidade média da região. Sendo assim, o sistema foi classificado como microgeração distribuída com autoconsumo remoto conforme a REN 687/2015.

O local de instalação do equipamento de geração foi definido baseado na proximidade com a rede de distribuição, topografia do terreno e facilidade de acesso. Foi então determinado como ponto mais adequado, o topo do morro da Glória localizado a 8,5 km da ponte com uma altura de 126 metros e a 13,3 km da estação onde os dados foram medidos. Essa consideração foi feita, pois o terreno entre a estação de medição e o local de instalação é plano.

A análise econômica foi realizada, comparando-se *Payback* simples e descontado, onde para *Payback* simples o resultado para retorno de investimento foi de 6 anos e para *Payback* descontado foi de 8,7 anos.

Após todos os resultados obtidos, verificou-se que é viável técnica e economicamente a implantação de geração distribuída, sendo que, baseado nos dados de ventos obtidos e na capacidade de geração do equipamento escolhido, a demanda anual de consumo do empreendimento seria suprida, tendo ainda um crédito anualmente. Tal crédito poderia vir a ser utilizado em até 60 meses, baseado na regulamentação 687/2015.

A viabilidade econômica para padrões de projetos ainda é elevada, tendo em vista o custo para instalação deste tipo de geração ainda é alto. Economicamente, demonstrou-se a importância da utilização do *Payback* descontado nesse tipo de projeto, levando a uma diferença de aproximadamente dois anos em relação ao *Payback* simples.

Por fim vale ressaltar que o trabalho fez uma análise para geração distribuída eólica, porém existem outras formas de geração distribuída que também abrem uma possibilidade de estudo de viabilidade para tal questão abordada.

## ABSTRACT

The distributed generation is becoming an alternative for electricity energy customers, through the Regulation Normative 482/2012 modified by the R.N. 687/2015 of Agencia Nacional de Energia Eletrica - ANEEL. The regulation defines how these customers in Brazil are classified, as well It describes the necessary procedures for its implementation on the distribution grid. This project has as the main goal to evaluate technically and economically the implementation of wind power distributed generation at Anita Garibaldi Bridge, taking into account that since its opening there is not an authority responsible for the energy consumption payment, where there is a deadlock between the Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte - DNIT and Laguna's town government. The studies of technical viability will be based on climatic data from the Instituto Nacional de

Meteorologia - INMET, measured on Santa Marta station, and technical bulletin from small size wind power generation systems makers. The economical analysis was based on three main tools: simple payback, discounted payback and Net Present Value - NPV. The obtained results showed the economical and technical feasibility of the project, considering the life time of the equipment and the average speed 10,16 m/s. The discounted payback was of 8,7 years, making feasible the installation of a distributed generation system.

Key-words: Distributed generation. Wind Power. Technical feasibility. Economic Feasibility

## REFERÊNCIAS

ABEÓLICA. **Boletim anual de geração eólica**. São Paulo: Abeólica, 2015. 24 p.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil 3ed.** 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2016.

ANEEL, Agencia Nacional de Energia Elétrica -. **Resolução Normativa 482/2012**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2016.

ANEEL, Agencia Nacional de Energia Elétrica -. **Resolução Normativa 687/ 2015**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2016.

ANEEL, Agencia Nacional de Energia Elétrica -. **Resolução Homologatória 2.120/2016**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101**: Iluminação pública. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992.

BARBOSA FILHO, Wilson Pereira; AZEVEDO, Abilio César Soares. Geração Distribuída: Vantagens e Desvantagens. **II Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia**, Belem, v. 1, n. 1, p.1-11, nov. 2013.

CATARINA, República Federativa do Brasil Ministério dos Transportes Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes Superintendência Regional no Estado de Santa. **Anteprojeto de engenharia projeto de iluminação viária e decorativa da ponte sobre o canal laranjeiras**. 2014. Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/anexo/Projetos/Projetos\\_edital0255\\_14-16\\_0.pdf](http://www1.dnit.gov.br/anexo/Projetos/Projetos_edital0255_14-16_0.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2016

DIAS, Marcos Vinícius Xavier. **Geração distribuída no brasil: oportunidades e barreiras**. 2005. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2005.

ESPINDOLA, Gabriel da Silveira. **Simulação energética de uma planta piloto com elementos de arquitetura bioclimática e geração distribuída com sistemas fotovoltaicos**. 2016. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016.

EPE. **Balço Energético Nacional 2016**. 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 02 out. 2016.

ESTANQUEIRO, Ana; SIMÕES, Teresa. **Aproveitamento de energia eólica em ambiente urbano e construído**. Renováveis Magazine, Amadora, v. 2, n. 2, p.44-49, maio 2010. Trimestral.

LAGE, Elisa Salomão; PROCESSI, Lucas Duarte. **Panorama do setor de energia eólica**. 2013. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev3906.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev3906.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2016.

MATOS, António Pinto Neves Aires de. **Controlo da Potência Activa injectada na rede por um Sistema de Microgeração do tipo Eólico**. 2010. 134 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

OLIVEIRA, Angelo Antonio. **Turbinas Eólicas**. 2010. Trabalho Máquinas de Fluxo. - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário de Jaraguá do Sul, Jaraguá do Sul, 2010.

POLIZEL, Luiz Henrique. **Metodologia de prospecção e avaliação de pré-viabilidade expedida de geração distribuída: Caso eólico e hidráulico**. 2007. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

RODRÍGUEZ, Carlos Roberto Cervantes. **Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: O caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 2002. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SANTOS, Fernando Antonio Castilho Mamede dos; SANTOS, Fernando Miguel Soares Mamede dos. **Geração Distribuída Versus Centralizada**. Millenium, Viseu, v. 35, n. 1, p.1-15, nov. 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/350>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

SERAFIM, Linaldo. **Análise da influência da iluminação de rodovias federais com a redução do número de acidentes**. 2011. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

SILVA, Joana Emilie da. **Análise do recurso e potencial eólico da região sul de santa catarina e estudo de viabilidade econômica para uma planta eólica na cidade de laguna – sc**. 2015. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2015.

TASSO, Giocondo. **Dados de Consumo - Ponte Anita Garibaldi - TCC - UFSC**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <[sousa\\_rodolfo@hotmail.com](mailto:sousa_rodolfo@hotmail.com)>. em: 07 nov. 2016.

TIBOLA, Gabriel. **Sistema eólico de pequeno porte para geração de energia elétrica com rastreamento de máxima potência**. 2009. 285 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

VALENTE, Eduardo. **Ponte Anita Garibaldi**. 2016. Disponível em: <<http://eduardovalente.com.br/blog/2015/07/liberacao-da-ponte-anita-garibaldi-lagunasc/>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele não seria nada nem ninguém.

Aos meus pais Maria de Fátima e Alicio, por todo carinho, dedicação e paciência ao longo dessa caminhada e por nunca medir esforços para me proporcionar uma educação de qualidade. Muito obrigado.

Ao meu irmão João Vitor, por toda a amizade e apoio, assim como todos os meus familiares que de alguma maneira contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Aos professores, que contribuíram para a minha formação profissional, e em especial ao professor Luciano Lopes Pfitscher, orientador deste projeto.

A todos os meus amigos que fizeram parte dessa caminhada e que se tornaram parte da minha família, em especial Alex, Augusto, Israel, Jaqueline e Márcio.

A Universidade Federal de Santa Catarina, por tornar possível a realização deste objetivo.

A Centrais Elétricas de Santa Catarina pelo fornecimento de dados para o presente trabalho, em especial ao Sr. Giocondo Tasso.

E por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para que eu alcançasse este objetivo, meus sinceros agradecimentos.