

# Geração de Energia Eólica para Condomínios Residenciais em Zonas Urbanas

**Macklyster Lãnucy Scherre Stófel de Lacerda**  
Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil  
[macklysterstofel@hotmail.com](mailto:macklysterstofel@hotmail.com)

**Kaique Ferreira**  
Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil  
[kaiquee.f@hotmail.com](mailto:kaiquee.f@hotmail.com)

**Aline Borel Monteiro de Castro**  
Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil  
[alineborel@hotmail.com](mailto:alineborel@hotmail.com)

## ABSTRACT

*The distributed generation process is already a reality in several countries, now also in Brazil. Decentralization of power generation reduces losses due to distribution, as well as adding robustness to the local power system. The distributed generation is characterized in the majority by micro generation in residences and condominiums, using renewable energies like biomass, photovoltaic and wind power. In this article we will discuss the feasibility of installing a wind generator in residential condominiums with an average height of 60 meters in the region with the highest concentration of buildings in the city of Vitória in Espírito Santo. The wind velocity history between the years 2010 to 2013 was analyzed with periodic samples at intervals of one hour, comparisons were made between modal, mean and CRM (cubic root mean) velocities, calculation of the maximum generated energy per square meter in monthly and annual distribution, choice of wind turbine, calculation of the maximum energy supplied by the turbine and financial return.*

**Keywords:** *Distributed generation; renewable energy; wind generation.*

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil, mais de 60% da energia consumida é produzida por meio de usinas hidrelétricas (Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2016). Devido às fortes mudanças ambientais que o mundo vem passando, principalmente relacionadas ao aquecimento global (DYER, 2010), outras formas de produzir energia vêm se desenvolvendo com foco na preservação do meio ambiente (SIMS, 2004). Fontes renováveis são cada vez mais aparentes, pois retiram do meio natural o elemento principal utilizado em sua geração (PANWAR, 2011). O conceito de fontes renováveis de energia vem da utilização de recursos não esgotáveis, como por exemplo os raios solares, os ventos e até mesmo resíduos orgânicos (HERZOG, 2001).

A microgeração de energia caracteriza-se pela geração de energia pelo consumidor através de tecnologias, como por exemplo, micro aerogeradores. Uma grande vantagem desse tipo de produção de energia é que ela é local, o que elimina as perdas por transporte (LASSETER, 2002).

A caracterização do potencial eólico em zonas urbanas não é trivial, uma vez que estão presentes estruturas e obstáculos que reduzem a velocidade dos ventos e aumentam sua turbulência. Além da dificuldade técnica, existe a dificuldade financeira causada pelo elevado custo de implementação de equipamentos para a medição dos ventos (ESTANQUEIRO & SIMÕES, 2010).

Apesar do elevado custo de implantação da geração eólica em ambientes urbanos, existem técnicas que estão sendo aplicadas junto com o consumidor residencial para driblar os efeitos naturais e se conseguir uma eficiência em sua geração, fato esse que deve ser alinhado juntamente com a viabilidade da instalação através de estudos das condições de vento da região e aspectos construtivos que cercam o local que se deseja utilizar esse tipo de geração (FARIA, 2010).

Para a geração de energia eólica residencial segundo a Resolução 482/2012 da ANEEL, são utilizados aerogeradores de pequeno porte, que são impulsionados pela força dos ventos, cuja função é transformar energia mecânica em elétrica. Contudo as políticas de créditos de geração são reservadas aquelas que estão ligadas a rede elétrica de distribuição principal (ASSIS, 2010).

Este artigo tem como objetivos abordar de forma concisa, por meio de estudo científico com dados reais, a geração eólica em áreas urbanas, juntamente com o estudo da viabilidade financeira vinculada a implantação do projeto.

## 2. METODOLOGIA

Para fim de alcançar as análises necessárias foram feitas as seguintes etapas no processo de elaboração do artigo:

- Escolha da área a ser analisada para o estudo da viabilidade do projeto de geração eólica.
- Análise das características urbanas da área.
- Análise do potencial eólico do local através dos dados de velocidade do vento que incidem na região.
- Escolha da turbina eólica a ser utilizada de acordo com o potencial de geração da área.
- Estudo da viabilidade do potencial energético a ser gerado relacionado com a demanda de consumo do condomínio em questão.

## 3. SELEÇÃO DA ÀREA

A área analisada foi a cidade de Vitória, capital do estado do Espírito Santo, uma cidade litorânea localizada na região Sudeste do Brasil.

Os dados foram coletados mais especificamente na área denominada região IX da cidade, área essa que possui uma grande densidade populacional devido à proximidade com a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e uma variedade comercial. Para o estudo efetuado nesse artigo foi levado em consideração um prédio de 60 metros de altura, proporcional à um prédio de 20 andares, sendo que os dados históricos foram obtidos a uma altura de 50 metros. As coletas dos dados foram feitas através do IEMA, órgão estadual que é responsável pela fiscalização ambiental, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2013, com armazenamento a cada hora do dia.

## 4. RELAÇÃO ENTRE ALTURA E VELOCIDADE DO VENTO

Para estudos de viabilidade onde a altura de medição é diferente da altura em que se pretende instalar a turbina eólica, pode-se utilizar a equação (1) convertendo assim os valores de velocidades:

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{H}{H_0}\right)^\alpha \quad (1)$$

Onde:  $v_0$  e  $H_0$  representam a velocidade e altura de referencia,  $H$  a altura da estimativa e  $\alpha$  o coeficiente de atrito. Casos onde a turbina será instalada em região urbana com quantidade elevada de prédios, utiliza-se  $\alpha = 0,4$ .

## 5. CÁLCULO DA VELOCIDADE DO VENTO

Existem três meios para se calcular a velocidade do vento predominante em uma certa região, assim sendo, velocidade modal, velocidade média e velocidade da raiz média cúbica (LIMA, 2011).

### 5.1. Velocidade modal

A velocidade modal consiste na medida de velocidade que mais se repete em um certo período de medições.

### 5.2. Velocidade média

A velocidade média dos ventos em um determinado período é calculada através da equação (2):

$$V_{média} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad (2)$$

Onde  $V_i$  é a amostra de velocidade e  $n$  o número de amostras.

### 5.3. Velocidade da raiz média cúbica

Como a potência fornecida pela turbina é proporcional ao cubo da velocidade do vento, a velocidade da raiz média cúbica é a mais apropriada para se estimar a velocidade do vento útil para a implantação de um gerador eólico. A velocidade da raiz média cúbica é calculada através da equação (3):

$$V_{rmc} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot V_i^3 \quad (3)$$

Onde  $\rho_i$  representa a densidade do ar.

## 6. DENSIDADE DO AR

Para o cálculo da densidade do ar no nível da turbina utilizou-se a equação (4) (LIMA, 2011).

$$\rho = \rho_0 e^{-\left(\frac{0,297H}{3048}\right)} \quad (4)$$

Onde  $\rho_0$  é a densidade do ar no nível do mar ( $1,225 \text{ kg/m}^3$ ) e  $H$  representa a altura.

## 7. ESCOLHA DA TURBINA EÓLICA

A turbina de eixo vertical foi escolhida por apresentar características mais propicias a ambientes urbanos, como por exemplo possuir uma menor emissão de som quando comparado a uma turbina de eixo horizontal, não prejudicar a estrutura física do prédio quando se refere as questões relacionadas a vibrações do aero gerador e apresentar funcionamento regular com ventos em regime turbulento, como os ocorridos em lugares com grande quantidade de obstáculos.

A velocidade média RMC entre os anos de 2010 e 2013 calculada tem valor  $5,86 \text{ m/s}$ . É importante ressaltar que a média de velocidade RMC apresentada se encontra abaixo das velocidades nominais de ventos das turbinas comerciais, que gira em torno de  $12 \text{ m/s}$ .

A turbina vertical selecionada para este artigo é a RAZEC 266 do tipo Darrieus (US PAT

1,835,018 – 1931) de potência nominal 1,5 kW, da empresa EnerSud. Segundo as suas características de funcionamento e montagem, dentre suas aplicações se encontra a geração de energia para iluminação de condomínios. As características da turbina estão apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1: Características da Turbina RAZEC 266

Características da Turbina RAZEC 266	
Diâmetro da hélice	2,0 m
Altura das pás	2,66 m
Número de pás	3
Vida útil de projeto	20 anos
Peso Total	120 kg
Proteção contra altas velocidades	Stall (Controle de Passo) – 17,5 m/s
Controle de velocidade	Active Stall
Sistema magnético	Neodímio (imã permanente)
Caixa de Engrenagens	Não possui (Drive direto)
Sistema elétrico	Sem Escovas e Trifásico - Saída AC

Fonte: Catálogo da empresa EnerSud, 2018.

Os dados de desempenho da Turbina estão apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Desempenho da turbina RAZEC 266

Desempenho - Turbina RAZEC 266	
Potência Nominal	1500 W
Rotação Nominal	180 rpm
Torque de partida	0,3 Nm
Tensão de saída	24/48/220/400 volts
Velocidade Nominal	12,5 m/s
Velocidade de Partida	2,5 m/s
Velocidade Máxima	137 km/h
Temperatura de operação	-10 a 50 °C

Fonte: Catálogo da empresa EnerSud, 2018.

### 8. CÁLCULO DA POTÊNCIA DA TURBINA EÓLICA VERTICAL

A potência gerada pela turbina eólica depende diretamente da energia cinética do ar, que é responsável pelo movimento das pás e geração de eletricidade. Esta energia é dada em função de sua massa de fluxo de ar ( $m$ ) e de sua velocidade ( $v$ ) na equação (5).

$$E = \frac{mv^2}{2} \quad (5)$$

Sendo que a massa do fluxo de ar depende da densidade do ar ( $\rho$ ), área de varredura da turbina ( $S$ ) e velocidade do vento ( $v$ ) na equação (6).

$$m = \rho \cdot S \cdot v \quad (6)$$

A energia cinética que é convertida em eletricidade depende da velocidade do vento que incide sobre as pás ( $v_1$ ) e a velocidade do vento após incidir sobre as pás ( $v_2$ ) na equação (7).

$$P_{out} = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2} \quad (7)$$

Sendo  $v_1$ -velocidade do ar de entrada e  $v_2$ -velocidade do ar de saída.

Como a velocidade do ar ( $v$ ) no interior da turbina diminui conforme a energia cinética de entrada é transferida para as pás, a velocidade média no interior da turbina pode ser expressa pela equação (8):

$$m = \rho \cdot S \cdot \frac{(v_1 + v_2)}{2} \quad (8)$$

Logo, segundo (9) e (10), a potência de saída pode ser expressa por (11):

$$P_{out} = \frac{\rho \cdot S \cdot v_1^3}{2} \cdot \frac{\left(1 + \frac{v_2}{v_1} - \frac{v_2^2}{v_1^2} - \frac{v_2^3}{v_1^3}\right)}{2} \quad (9)$$

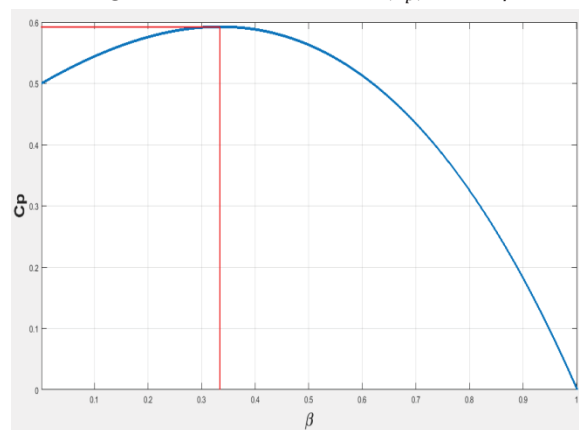
$$P_{out} = \frac{\rho \cdot S \cdot v_1^3}{2} \cdot \frac{\left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right) \left(1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2\right)}{2} \quad (10)$$

$$P_{out} = \frac{\rho \cdot S \cdot v_1^3}{2} \cdot C_p \quad (11)$$

Onde  $C_p$  é a eficiência do rotor.

A eficiência do rotor é limitada pelo limite teórico máximo, conhecido como critério de Betz. Este critério limita a eficiência em  $\approx 59,3\%$ , que é dado em função da relação entre  $v_2$  e  $v_1$ . Este limite pode ser observado na Figura 1, que representa os valores possíveis de  $\beta$  e suas respectivas eficiências:

Figura 1: Eficiência do rotor ( $C_p$ ) versus  $\beta$



Fonte: Autor, 2018.

Onde  $\beta = \frac{v_2}{v_1}$ , e para  $\beta = \frac{1}{3}$ , tem-se o valor máximo de  $C_p$ .

Segundo (LIMA, 2011), para o cálculo em resultados práticos (que sempre são menores que o critério de Betz), pode-se utilizar a equação (12) a fim de determinar a potência máxima da turbina eólica, considerando  $C_p = 0,5$ .

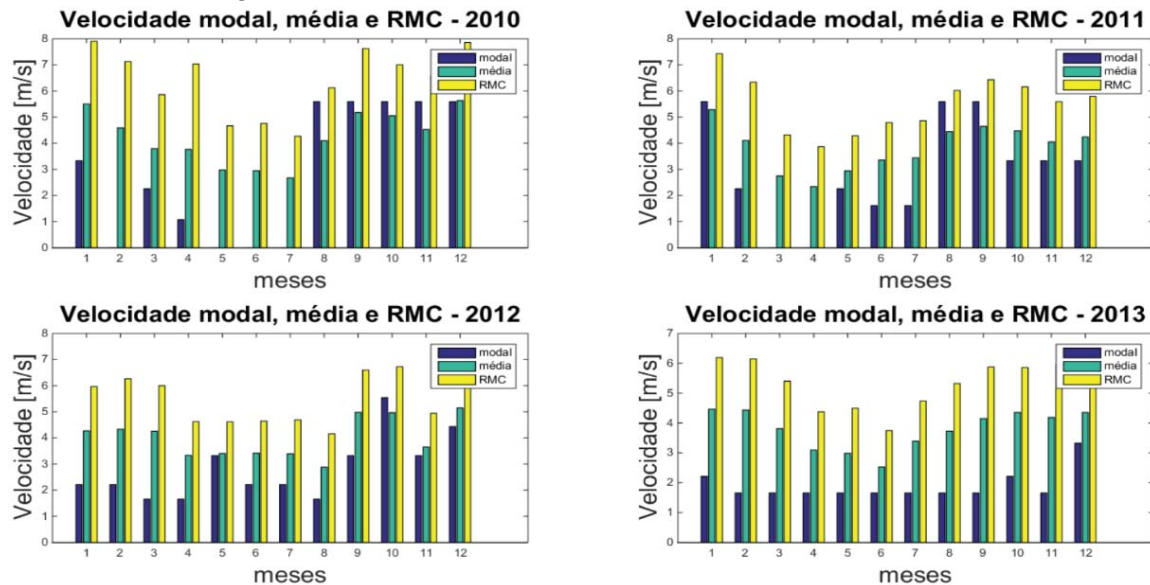
$$P_{max} = \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot S \cdot v_1^3 \quad (12)$$

## 9. VELOCIDADES DOS VENTOS RESULTANTES CALCULADAS

As tabelas de velocidades do vento foram exportadas para o software MATLAB, onde foi

elaborado algoritmos para o cálculo das velocidades modal, média e raiz média cúbica. Foi utilizado intervalo de cálculo mensal, assim, obtemos os valores modal, médio e raiz média cúbica para cada mês do ano, considerando os anos da coleta de dados.

Figura 2: Velocidades modal, média e RMC de 2010, 2011, 2012 e 2013



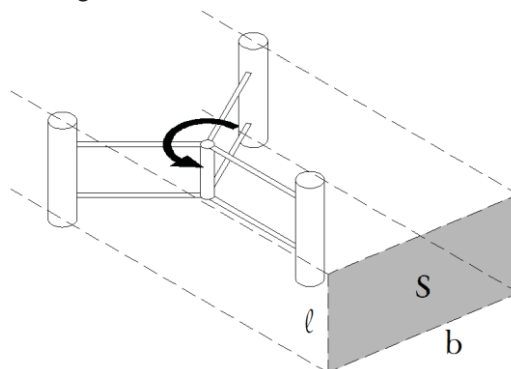
Fonte: Autor, 2018.

É possível observar nos gráficos da Figura 2 que a velocidade RMC (raiz média cúbica) apresenta maior intensidade se comparada com a modal e média. Este fato prova que para verificação de velocidades de vento úteis para geração de energia elétrica se deve utilizar a velocidade RMC, pois os resultados obtidos estarão diretamente relacionados com a potência entregue pela turbina nas atuais condições de vento.

### 10. CÁLCULO DA ÁREA DE VARREDURA – TURBINA DE EIXO VERTICAL

A área de varredura das turbinas eólicas verticais ( $S$ ) é o produto entre o comprimento de suas pás ( $l$ ) e da base ( $b$ ), como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Área da turbina de eixo vertical



Fonte: Autor, 2018.

Em turbinas que possuem uma quantidade par de pás, sua base ( $b$ ) será igual ao seu diâmetro (AKHMEDOV, 2016).

Em turbinas que possuam uma quantidade ímpar de pás, sua base ( $b$ ) estará relacionada com o número de pás ( $n$ ) e diâmetro ( $d$ ) pela equação (13).

$$b = \sum_{k=1}^n \left| \frac{d \cdot \sin\left(\frac{\pi}{n}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{n} + \frac{2k\pi}{n}\right)}{2} \right| \quad (13)$$

### 11. CÁLCULO DA ENERGIA MÁXIMA POR METRO QUADRADO

Utilizou-se a equação (12) com o valor de rendimento  $C_p = 0,5$ . Considerando a potência máxima fornecida por metro quadrado, calculou-se a energia máxima mensal produzida por metro quadrado. A Tabela 3 apresenta a energia máxima que uma turbina pode fornecer para  $1 \text{ m}^2$  de área com os dados da velocidade do vento entre os anos de 2010 e 2013 mensalmente:

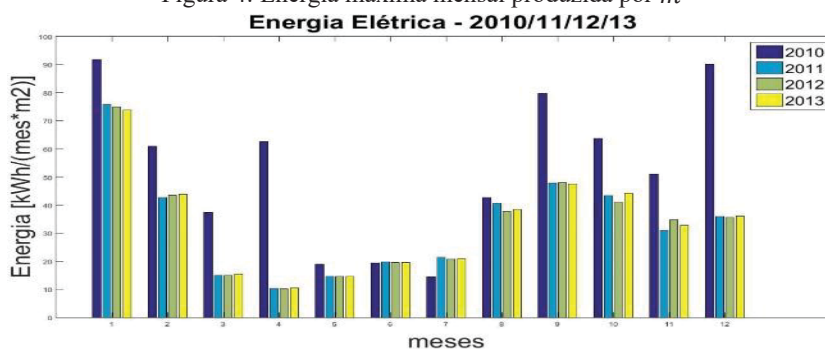
Tabela 3: Energia mensal produzida por  $\text{m}^2$

Período	Energia máxima gerada [ $\text{kWh}/(\text{mês} \times \text{m}^2)$ ]				Média
	2010	2011	2012	2013	
Janeiro	91,75	75,84	74,95	73,82	79,09
Fevereiro	60,84	42,71	43,62	43,89	47,77
Março	37,47	14,96	14,92	15,42	20,69
Abril	62,54	10,38	10,17	10,53	23,41
Maio	18,85	14,65	14,56	14,69	15,69
Junho	19,36	19,76	19,54	19,55	19,55
Julho	14,45	21,34	20,76	20,87	19,36
Agosto	42,72	40,56	37,72	38,41	39,85
Setembro	79,70	47,91	47,99	47,49	55,77
Outubro	63,79	43,42	41,09	44,17	48,12
Novembro	50,97	30,92	34,84	32,87	37,40
Dezembro	90,17	35,99	35,62	36,16	49,49
Anual	632,67	398,50	395,85	397,92	456,24

Fonte: Autor, 2018.

A Figura 4 contém a representação dos dados contidos na Tabela 3 por meio gráfico, referente à energia mensal gerada entre os anos de 2010 e 2013:

Figura 4: Energia máxima mensal produzida por  $\text{m}^2$



Fonte: Autor, 2018.

Pela análise da Figura 4 pode-se observar que a energia máxima gerada no ano de 2010 é significativamente maior que a energia máxima gerada em 2011, 2012 e 2013, o que implica que em 2010 ocorreu maiores picos de velocidades de vento.

Analisando ainda o gráfico da Figura 4, observa-se que há meses do ano em que ocorre maior incidência de ventos, fazendo com que a geração de energia seja descontínua, como esperado de uma fonte de energia intermitente, alinhado aos fatores climáticos de cada época do ano.

### 12. CÁLCULO DA ENERGIA GERADA PELA TURBINA SELECIONADA

Utilizando a equação (13) para o cálculo da área da turbina encontrou-se o valor  $S = 4,61 m^2$  e considerando uma eficiência da turbina de 40 % (Tercio, 2002), foi calculada a energia mensal média produzida pela turbina, os dados estão dispostos na Tabela 4:

Tabela 4: Energia gerada pela turbina

Período	Energia máxima gerada [kWh/mês]				
	2010	2011	2012	2013	Média
Janeiro	169,19	139,86	138,20	136,12	145,84
Fevereiro	112,20	78,77	80,45	80,94	88,09
Março	69,09	27,58	27,51	28,44	38,16
Abril	115,33	19,15	18,77	19,42	43,17
Maio	34,77	27,02	26,85	27,09	28,93
Junho	35,71	36,44	36,04	36,06	36,06
Julho	26,65	39,36	38,29	38,49	35,70
Agosto	78,78	74,80	69,57	70,83	73,49
Setembro	146,97	88,35	88,50	87,57	102,85
Outubro	117,64	80,06	75,78	81,46	88,73
Novembro	93,99	57,02	64,25	60,61	68,97
Dezembro	166,28	66,36	65,68	66,68	91,25
Anual	1167	734	730	733	841

Fonte: Autor, 2018.

### 13. CUSTO NIVELADO DE ENERGIA

A viabilidade econômica do atual projeto será analisada por meio do custo nivelado de energia (do inglês *Levelized Cost of Energy*, LCOE). Segundo Cory R. A., o LCOE é definido pela soma de todos os custos incorridos durante a vida útil do gerador dividida pela sua energia produzida neste período, como demonstra a equação (14).

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{(I + O\&M)_t}{(1 + d)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{E_t}{(1 + d)^t}} \quad (14)$$

Onde  $t$  representa o ano atual,  $I_t$  investimento realizado no ano  $t$ ,  $O\&M_t$  gastos com operação e manutenção no ano  $t$ ,  $T$  representa a quantidade de anos de duração do projeto,  $d$  custo médio ponderado do capital e  $E_t$  a energia produzida no ano  $t$ .

### 14. INVESTIMENTO E RETORNO

O investimento inicial da implantação do projeto deve levar em consideração o preço da turbina a



ser instalada, bem como o material necessário para implantação e os custos de projeto ao longo dos anos de execução. O teste de viabilidade do investimento é realizado através da equação (14) e dos valores de geração de energia presentes na Tabela 4.

O investimento inicial é de R\$100.000,00 para uma turbina que possui 20 anos de vida útil. A variável  $d = 0,065$ , é um valor baseado na taxa Selic. Foi suposta uma taxa de operação e manutenção anual de R\$100,00. A energia produzida por ano pela turbina decairá ao longo dos anos devido a deterioração, foi levada em consideração um decaimento de 1,65% na geração média por ano baseado nos estudos de Iain Staffell e Richard Green (2014).

Com base nos resultados dos cálculos, o custo nivelado é de R\$ 11,27, este valor representa o custo por kWh. Para que o projeto seja rentável este preço deveria ser inferior ao custo do kWh cobrado pela concessionária de energia elétrica do estado, que é de R\$ 0,29467 na modalidade de bandeira vermelha para residências (EDP-ESCELSA, 2018). Entretanto, como o custo por kWh é 38,25 vezes maior que o valor cobrado pela concessionária é notório a inviabilidade financeira do projeto.

Sem considerar a variável  $d$  e a deterioração, o custo nivelado será de R\$5,78, ou seja, de qualquer forma, este projeto será inviável economicamente, uma vez que seu custo nivelado é superior ao custo fornecido pela concessionária de energia para qualquer classe.

### 15. CONCLUSÃO

Tomando como base os estudos teóricos desenvolvidos para o artigo, a instalação da turbina de eixo vertical para a região e para a característica construtiva escolhida não se tornou um projeto viável financeiramente para implantação.

Outras formas podem ser abordadas para a utilização de aerogeradores em zonas urbanas. Considerar a implantação desde o desenvolvimento do projeto arquitetônico do local de instalação pode ser uma alternativa, uma vez que os custos poderiam ser repassados para os compradores e a utilização de fonte renovável de energia se tornar um atrativo comercial, tanto no âmbito de contribuição para o meio ambiente quanto para a diminuição das cotas de iluminação das áreas comuns, o que consequentemente gera uma diminuição no valor partilhado dos gastos.

Turbinas de eixo horizontal também podem ser instaladas em zonas urbanas, e pode ser uma opção para redução dos gastos de investimento, uma vez que possui um valor menor que a turbina de eixo vertical. Nesse caso, é importante levar em consideração as condições em que os ruídos produzidos pelo aerogerador, devido ao formato cônico da torre, não se torne um fator de inconveniência para a geração.

A escolha da área selecionada para a instalação da turbina eólica em zonas urbanas deve levar em consideração as construções ao seu redor, uma vez que elas podem se tornar obstáculos para a incidência dos ventos nas pás, tal fato pode ser amenizado com aumento da torre, mas acarretaria também em um aumento no valor do projeto.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores Jussara Fardin e Paulo Menegáz pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas do PPGE pelo incentivo e companhia nos momentos de estudo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, DE ANDERSON. A energia eólica para o consumo residencial. Universidade Federal do Paraná-UFPA. Trabalho de conclusão de especialização em economia e meio ambiente. Curitiba, Brasil, (2015).

D.SH. AKHMEDOV. "Mathematical Model to Calculate the Performance of Low Power Vertical Axis Wind Turbine." (2016)

DYER, GWYNNE. Climate wars: The fight for survival as the world overheats. Oneworld Publications, 2010.

EDP-ESCELSA, concessionária de energia elétrica do estado do Espírito Santo. Site: <http://www.edpbr.com.br/distribuicao-es/saiba-mais/informativos/tabela-de-fornecimento-media-alta-tensao>. Acesso em: 31/07/2018.

ESTANQUEIRO, A.; SIMÕES, T. Aproveitamento de energia eólica em ambiente urbano e construído. In: Renováveis Magazine, nº2, (2010).

FARIA, J.O. Estudo técnico relativo à instalação de micro eólicas em edifícios urbanos para microprodução de energia. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Dissertação. Mestrado em engenharia eletrotécnica Porto, Portugal, novembro (2010).

HALLAM, CORY RA; CONTRERAS, CAROLINA. Evaluation of the levelized cost of energy method for analyzing renewable energy systems: A case study of system equivalency crossover points under varying analysis assumptions. *IEEE Systems Journal*, v. 9, n. 1, p. 199-208, 2015.

HERZOG, ANTONIA V., TIMOTHY E. LIPMAN, AND DANIEL M. KAMMEN. "Renewable energy sources." Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Forerunner Volume- 'Perspectives and Overview of Life Support Systems and Sustainable Development (2001).

LASSETER, ROBERT H. "Microgrids." Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. IEEE. Vol. 1. IEEE, 2002.

LIMA, LUCAS F. "Potência Extraída de Turbinas Eólicas Baseada na Comparação de Diferentes Tipos de Velocidades dos Ventos." (2011)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS. Site: <http://www.mme.gov.br/>. Acesso em: 14/06/2018.

PANWAR, N. L., S. C. KAUSHIK, AND SURENDRA KOTHARI. "Role of renewable energy sources in environmental protection: a review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15.3 (2011): 1513-1524.

SIMS, RALPH EH. "Renewable energy: a response to climate change." *Solar energy* 76.1-3 (2004): 9-17.

STAFFELL, I.; GREEN, R. "How does wind farm performance decline with age?" *Renewable energy* 66 (2014): 775-786.

TERCIOTE, RICARDO. "Eficiência energética de um sistema eólico isolado." Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural (2002).