
Verificação de dimensionamento de blocos de fundação às solicitações de incidência de ventos em uma estrutura metálica no município de Iranduba-AM (Brasil)

Anderson Wesley Freire Chaves¹, Charles Ribeiro de Brito², Frederico José Ebling Souza³, José Lucinaldo Ferreira de Souza⁴.

1 Graduating in Civil Engineering at International Universities Laureates / UNINORTE (Brazil) (2018), 2 Master's degree from the Federal University of Amazonas - UFAM (2015), Teacher at Laureate International Universities / UNINORTE (Brazil), 3 Civil Engineering by Laureate International Universities / UNINORTE (2015)(Brazil), Administrator by the Foundation Center for Analysis Research and Technological Innovation (2011) (Brazil), Specialist in Project Management MBA - CESA (2014), 4 Geology from the Federal University of Amazonas - UFAM (1983), Civil Engineering from the Federal University of Amazonas - UFAM (1986) (Brazil).

RESUMO

Em obras públicas, em especial, as que possuem orçamento federal como as obras financiadas pelo Ministério da Educação, possuem projetos padrões, elaborados de acordo com as *NBR's* vigentes, para serem executados em todos os municípios da federação. Entretanto, é de conhecimento comum que, cada estado brasileiro, possuem suas próprias características singulares como por exemplo a resistência e compactidade do solo e a incidência de ventos, características estas, que muitas das vezes são suprimidas na fase de elaboração dos projetos, acarretando em um aumento das dimensões necessárias para as estruturas projetadas. Com esse cenário, em 2017 uma empresa venceu um certame municipal para a construção de uma quadra poliesportiva no município de Iranduba, estado do Amazonas, percebeu, após estudos de sondagem de solo, que os blocos de fundação estavam superdimensionados e os executou fora das dimensões do projeto original, acarretando na suspensão das atividades por risco estrutural, procedimento padrão adotado pelo ente financiador da obra. Entretanto, este artigo demonstrará através de um memorial de cálculos, se as dimensões executadas estão de acordo com as especificações de segurança e solidez de obras exigidas pelas *NBR's*, comprovando assim a segurança das fundações executadas de acordo com as características peculiares do município de Iranduba, finalizando com o *As Built* do projeto de fundação executado objetivando a liberação da obra pelo Ministério da Educação.

Palavras-chave: Resistencia de Solos. Incidência de Ventos. Fundações. *As Built*

ABSTRACTS

In public works, in particular, those that have federal budget as the works financed by the Ministry of Education, have standard projects, elaborated according to the current *NBRs*, to be executed in all municipalities of the federation. However, it is common knowledge that each Brazilian state has its own unique characteristics such as strength and compactness of the soil and the incidence of winds, which are often suppressed in the elaboration of projects, an increase in the dimensions required for the designed structures. With this scenario, in 2017 a company won a municipal contest for the construction of a multi-sport court in the municipality of Iranduba, state of Amazonas, realized after soil survey studies that the foundation blocks were oversized and executed out of dimensions of the original project, resulting in the suspension of activities for structural risk, a standard procedure adopted by the funding body of the work. However, this article will demonstrate through a calculations memo whether the measurements performed are in accordance with the specifications of safety and solidity required by the *NBRs*, thus proving the safety of the foundations executed according to the peculiar characteristics of the municipality of Iranduba, ending with the *As Built* of the foundation project executed aiming at the release of the work by the Ministry of Education.

Key words: Soil resistance. Incidence of Winds. Foundations. *As Built*

I. INTRODUÇÃO

O Brasil é uma república federativa formada pela união de 26 estados federados, divididos em 5 570 municípios, além do Distrito Federal. Os municípios são uma circunscrição territorial dotada de personalidade jurídica e com certa autonomia administrativa, sendo as menores unidades autônomas da Federação. Cada município tem sua própria Lei Orgânica que define a sua organização política, respeitando as disposições da Constituição Federal e da Constituição Estadual do Estado em que se localize[1].

Com as características políticas autônomas, os municípios podem recorrer e incentivos federais obtidos mediante convênios para suprir as necessidades de seus habitantes, como por exemplo os incentivos fornecidos pelo Ministério da Educação com o objetivo de apoiar os Estados e Municípios na elaboração do Planejamento do PAR triênio 2017-2019, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), está disponibilizando no site do FNDE/PAR, uma Ficha de Atributos de Iniciativa, que consiste em um formulário com todas as informações de cada uma das iniciativas disponíveis para planejamento do Plano de Ações Articuladas – PAR, necessárias para o preenchimento do Planejamento no Sistema Integrado de Planejamento, Orçamento e Finanças do Ministério da Educação no Brasil – SIMEC.

O presente projeto contratado destina-se à construção de Cobertura de Quadra Escolar Pequena com as seguintes dimensões: 18,92 a 32,88 metros e área 622,15 m², a ser implantada nas diversas regiões do Brasil. O projeto Cobertura de Quadra Pequena visa atender à demanda de cobertura dos espaços para práticas esportivas existentes nas escolas municipais e estaduais. O referido projeto destina-se à implantação em terrenos de 22x36 metros [2].

Como pode-se observar, os projetos possuem uma padronização para todos os municípios que se adequem as condições do PAR., entretanto, quando citamos as ações do vento presentes na NBR 6123/1988, pode-se observar que a incidência muda de acordo com a região de estudo, como será demonstrado a seguir. Outros aspectos relevantes são as características do solo, que no caso em estudo foi elaborado um ensaio SPT para obter as resistências de solo do local da obra.

De acordo com a NBR 6484 **SPT (standard penetration test)**: Abreviatura do nome do ensaio pelo qual se determina o índice de resistência à penetração (N). Onde (N) é a Abreviatura do índice de resistência à penetração do SPT, cuja determinação se dá pelo número de golpes correspondente à cravação de 30 cm do amostrador-padrão, após a cravação inicial de 15 cm, utilizando-se corda de sisal para levantamento do martelo padronizado[3].

Desta forma, o presente artigo apresentará um memorial descritivo de cálculos, os quais torna-se necessário após uma solicitação do ente concedente do valor financeiro - FNDE, que ao constatar uma modificação nas dimensões do projeto de fundação, solicitou a empresa contratada a realização de cálculos que comprovem a solidez da estrutura, bem como as devidas normas utilizadas para elaboração deste memorial descritivo.

Após um estudo prévio no projeto original, bem como no ensaio SPT fornecido pela empresa vencedora, constatou-se que as maiores cargas solicitantes às fundações são provenientes as ações de sucção e sobrepressão do vento sobre a estrutura. Desta forma, este artigo se embasará, especificamente nas cargas provenientes da ação do vento e resistência do solo.

Frente as necessidades de resolução das pendências citadas pelo ente contratante, este artigo apresenta o memorial descritivo de cálculos como objetivo de demonstrar as cargas solicitantes proveniente das ações do vento que incidem sobre a estrutura do telhado, que por sua vez solicita às fundações desta cobertura. Objetiva-se ainda, a identificar os piores casos, demonstrando, através de cálculos normatizados que a atual fundação é capaz de resistir às cargas permanentes e acidentais.

Para facilitar os estudos de incidência de ventos, será utilizado o software Ciclone – Ação dos ventos nas edificações, com cálculos automatizados da pressão de obstrução e coeficientes de pressão em edificações. Programa desenvolvido no Departamento de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos[4]. Como forma de agilizar os cálculos e verificações apresentadas.

Contudo, vale ressaltar que o presente artigo, imita-se apenas a análise das reações provenientes dos esforços do vento sobre as fundações, não estando atrelado a nenhum cálculo de dimensionamento de supra estruturas ou dimensionamento de perfis metálicos adotados, de forma a limitar-se as fundações executadas a fim de comprovar a eficiência das mesmas sem comprometer as peças já concretadas.

II MATERIAIS E MÉTODOS ADOTADOS

Os métodos utilizados para o desenvolvimento deste artigo, foram embasados nas normas vigentes da ABNT, bem como pesquisa em sites especializados, objetivando obter resultados verídicos referentes a incidência de vento no município e ponto de estudo. Desta forma, esta etapa da pesquisa foi desenvolvida através de pesquisas bibliográficas.

Para a coleta de dados, tais como posição geográfica e curvas de nível, foi utilizado a ferramentas do Google Earth, em parceria com o GPS da fabricante Garmin 64 sc maps, onde foram coletados os pontos a serem analisados, gerando assim um perfil das curvas de nível, bem como a altitude em relação ao nível do mar de cada um dos pontos coletados.

III RESULTADOS E DISCUSSÕES

III 3.1. ESTUDO E ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE VENTO SOBRE A EDIFICAÇÃO

De acordo com institutos de pesquisa meteorológicas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC [5], vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE, estabelece uma serie estatística de velocidade e direção media do vento para Manaus. Onde são apresentadas estatísticas de vento, ondulação e condições meteorológicas para Manaus/Ponta Pelada em Amazonas, Brasil, onde são baseadas

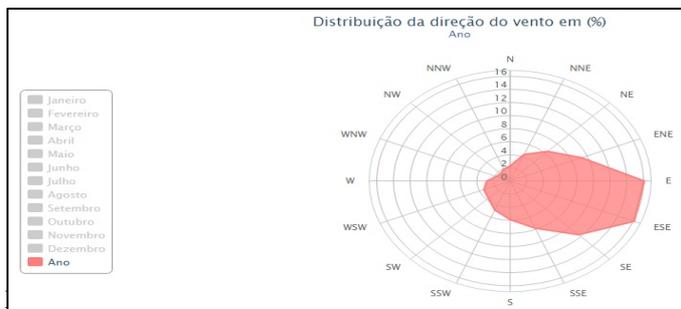
ANDERSON WESLEY FREIRE CHAVES/UNINORTE LAUREATE, ORIENTADOR Prof. Msc. CHARLES RIBEIRO DE BRITO/UNINORTE LAUREATE, COORIENTADOR Eng. Esp. FREDERICO JOSÉ EBLING SOUZA, COORIENTADOR Eng. Esp. JOSÉ LUCINALDO FERREIRA DE SOUZA, Janeiro, 2018,

em observações reais da estação meteorológica em Manaus/Ponta Pelada.

Desta forma, serão apresentadas a seguir a figura 01 e figura 02, que apresentam um estudo estatístico para a região onde esta obra está sendo realizada.

Mês do ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direção dominante do vento	←	←	←	↙	↙	↙	↙	←	←	↘	↘	↘	↘
Probabilidade de vento >= 4 Beaufort (%)	4	4	3	2	1	1	1	1	2	3	2	2	2
Velocidade média do vento (Kts)	6	5	5	5	4	4	4	5	6	5	5	5	4
Temp. média do ar. (°C)	28	27	27	28	28	28	28	29	30	30	29	28	28

Figura 01: Estudo estatístico da direção do vento em Manaus
Fonte: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC



Fonte: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC

Pode-se considerar que o efeito de incidência de ventos no município de Iranduba obedece às mesmas características de Manaus, uma vez que ambos os municípios estão a uma distância de 26 Km em linha reta e Iranduba não possui estações meteorológicas instaladas que possam fornecer dados específicos para este município.

Ainda, seguindo as características climáticas adoradas para este artigo, frente as incidências meteorológicas de vento e rajadas no município de Iranduba, o instituto METEOBLUE [6] fornece os seguintes gráficos, demonstrado na figura 03 a seguir:

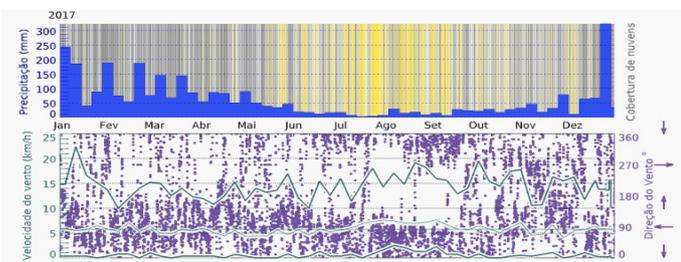


Figura 03: Gráfico estatístico da direção do vento e índice de precipitação pluviométrica em Manaus
Fonte: METEOBLUE - Weather close to you.

De acordo com as características apresentadas, será apresentada a localização e as características do terreno onde se baseia o presente artigo, de forma a fornecer dados e subsídios suficientes para aplicar os índices presentes na NBR 6123 [7]. Desta forma, segue a figura 04 com os dados fornecida pelo Google Earth de localização do ponto de estudo, com as coordenadas geográficas de referência adotadas.

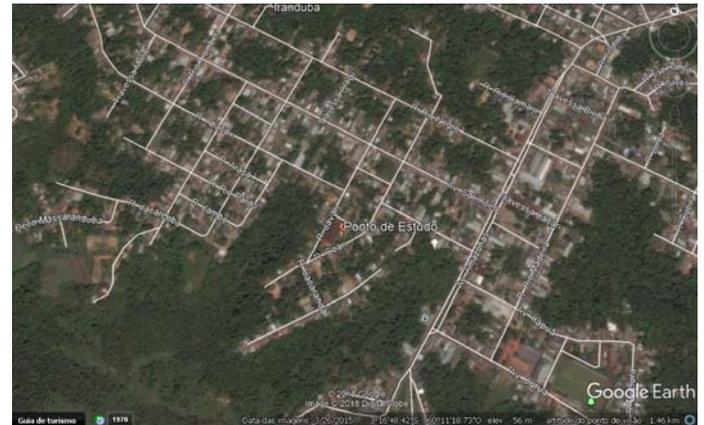


Figura 04: Imagem do Ponto de Estudo
Fonte: Adaptado do Google Earth 2018

Seguindo os estudos estatísticos apresentados, e objetivando encontrar a direção do vento que incide com maior frequência sobre a estrutura, a NBR 6123 [7] aconselha que seja observada a localização da estrutura de acordo com a incidência de vento e classificando as direções conforme encontra-se na figura 05 a seguir.

Ainda seguindo a NBR 6123 [7], pode-se classificar a incidência de vento na estrutura como:

- Barlavento: Região de onde sopra o vento, em relação à edificação;
- Sota-vento: Região oposta àquela de onde sopra o vento, em relação à edificação.

Planta de Incidência de Vento Sobre a Construção da Cobertura de Quadra Esc. Munic. Creusa Abess Farah Iranduba / AM

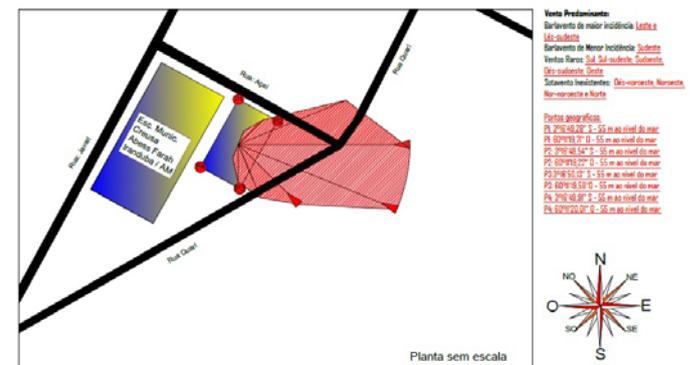


Figura 05: Incidência de vento sobre a edificação em estudo.
Fonte: Próprio Autor.

ANDERSON WESLEY FREIRE CHAVES/UNINORTE LAUREATE, ORIENTADOR Prof. Msc. CHARLES RIBEIRO DE BRITO/UNINORTE LAUREATE, COORIENTADOR Eng. Esp. FREDERICO JOSÉ EBLING SOUZA, COORIENTADOR Eng. Esp. JOSÉ LUCINALDO FERREIRA DE SOUZA, Janeiro, 2018,

Os dados apresentados na imagem a cima em relação aos ventos predominantes, são:

- Barlavento de maior incidência: Leste e Lés-sueste
- Barlavento de Menor Incidência: Sudeste
- Ventos Raros: Sul, Sul-sudeste, Sudoeste, Oés-sudoeste, Oeste
- Sota-vento Inexistentes: Oés-noroeste, Noroeste, Nor-noroeste e Norte
- Localização dos Pontos geográficos:

P1: 3°16'49,28" S - 55 m ao nível do mar
 P1: 60°11'19,71" O - 55 m ao nível do mar
 P2: 3°16'49,54" S - 55 m ao nível do mar
 P2: 60°11'19,22" O - 55 m ao nível do mar
 P3: 3°16'50,13" S - 55 m ao nível do mar
 P3: 60°11'19,58" O - 55 m ao nível do mar
 P4: 3°16'49,91" S - 55 m ao nível do mar
 P4: 60°11'20,01" O - 55 m ao nível do mar

Ainda seguindo o estudo das características de incidência de vento, a NBR 6123 [7], estabelece a necessidade de identificação da rugosidade do terreno, através da análise das curvas de nível, testa forma, segue a figura 06 a seguir, com as curvas de nível incidentes sobre o ponto de estudo descrito anteriormente.



Figura 06: Curva de nível do local de estudo.
 Fonte: Próprio Autor.

III 3.2. ESTUDO E ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O método de estudo das características do solo mais utilizado é o SPT (*standard penetration test*), o qual é o método de execução de sondagens de simples reconhecimento de solos, cujas finalidades, para aplicações em Engenharia Civil, são:

- a) A determinação dos tipos de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência;
- b) A posição do nível-d'água; e
- c) Os índices de resistência à penetração (N) a cada metro.

De acordo com a NBR 6484 [3], o processo de análise da resistência do solo se dá através da Perfuração e cravação dinâmica de amostrador-padrão, a cada metro, resultando na determinação do tipo de solo e de um índice de resistência, bem como da observação do nível do lençol freático.

Ainda de acordo com NBR 6484 [3] após a cravação do amostrado, é realizado a identificação das amostras e elaboração do perfil geológico-geotécnico da sondagem, o qual segue a determinação da:

- 1) Granulometria;
- 2) Plasticidade;
- 3) Cor; e
- 4) Origem, tais como:
 - a) Solos residuais;
 - b) Transportados (coluvionares, aluvionares, fluviais e marinhos);
 - c) Aterros.

Infelizmente este trabalho não teve acesso ao laudo de ensaio SPT, mas obteve o índice de golpes que representa o índice de resistência a penetração do solo (N), de forma fornecer subsídios para calcularmos a Tensão Admissível do Solo – TA, obtida através da equação $TA = NSPT / 5$, ou seja, chegando a capacidade de carga de solo sem recalque.

De acordo com as características especificadas na NBR 6484 [3], pode-se citar o anexo A da mesma norma, o que apresenta a seguinte figura 07 a seguir.

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação ¹⁾
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	> 40	Muito compacta(o)
	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	> 19	Dura (o)

¹⁾ As expressões empregadas para a classificação da compactidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.

Figura 07: Tabela dos estados de compactidade e de consistência.
 Fonte: NBR 6484:2001

Por fim, este artigo será norteado pelas NBR's 6484 [3] e a 6123 [7], de forma a embasar os cálculos de solicitações e resistência das peças de fundação que terão que resistir aos esforços de tração e/ou compressão, os quais serão encontrados a partir dos cálculos descritos a seguir.

III 3.3. ELABORAÇÃO DOS CÁLCULOS DE VERIFICAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

Para determinar as forças de incidência da ação do vento sobre a estrutura será utilizado rigorosamente os cálculos pré-estabelecidos na NBR 6123, no item 4.2 - Determinação das forças estáticas devidas ao vento página 04. Desta forma, segue o que estabelece a norma:

As forças estáticas devidas ao vento são determinadas do seguinte modo:

- A velocidade básica do vento, V_0 , adequada ao local onde a estrutura será construída, é determinada de acordo com o disposto em 5.1;
- A velocidade básica do vento é multiplicada pelos fatores S_1 , S_2 e S_3 para ser obtida a velocidade característica do vento, V_k , para a parte da edificação em consideração, de acordo com 5.2 a 5.5:

$$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3$$

- A velocidade característica do vento permite determinar a pressão dinâmica pela expressão:

$$q = 0,613 * V_k^2$$

Sendo (unidades SI): q em N/m² e V k em m/s

3.3.1. Determinar a velocidade característica do vento

$$V_k$$

Para determinar a velocidade característica do vento incidente sobre a estrutura, leva-se em consideração os índices descritos na BNR 6123, sendo necessário identificar a velocidade básica do vento V_0 , e os fatores multiplicados S_1 , S_2 e S_3 , descritos a seguir.

3.3.2. Determinar a velocidade básica do vento sobre a obra

Segundo o texto da norma, A velocidade básica do vento, V_0 , é a velocidade de uma rajada de 3 s, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano. Desta forma, seguindo a figura 01 descrita na pag 06 da NBR 6123, pode-se determinar:

$$V_0 = 30 \text{ m/s} \div 108 \text{ Km/h}$$

3.3.3. Determinar o fator topográfico S_1

A norma determina que o fator topográfico deve levar em consideração as variações do relevo do terreno e é determinado do seguinte modo:

- Terreno plano ou fracamente acidentado: $S_1 = 1,0$;
- Taludes e morros, considerar formula;
- Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção: $S_1 = 0,9$.

Desta forma, segundo o plano altimétrico apresentado no Anexo A, pode-se classificar o fator topográfico como sendo $S_1 = 1,0$. Pois o local onde a obra está sendo executada possui terreno plano sem a presença de taludes em um raio de aproximadamente 10 metros.

$$S_1 = 1,0$$

3.3.4. Determinar a rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno: Fator S_2

Segundo a NBR 6123[7], o fator S_2 considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação ou parte da edificação em consideração. Desta forma, para os fins desta Norma, a rugosidade do terreno é classificada em cinco categorias. Entretanto iremos apenas adequar a realidade da obra.

Categoria IV: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos:

- Zonas de parques e bosques com muitas árvores;
- Cidades pequenas e seus arredores;
- Subúrbios densamente construídos de grandes cidades;
- Áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10 m.

A velocidade do vento varia continuamente, e seu valor médio pode ser calculado sobre qualquer intervalo de tempo. Foi verificado que o intervalo mais curto das medidas usuais (3 s) corresponde a rajadas cujas dimensões envolvem convenientemente obstáculos de até 20 m na direção do vento médio.

Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

De acordo com os dados obtidos em norma, e segundo a tabela 2 – Fator S_2 localizada na página 10 da NBR 6123, considerando uma altura efetiva de incidência da ação do vento z Igual a 20 metros, pode-se estabelecer o seguinte:

$$S_2 = 0,91 \div z \text{ a } 20 \text{ m} \div \text{Categoria IV} \div \text{Classe B}$$

3.3.5. Determinação do fator estatístico S_z

O fator estatístico S_z é baseado em conceitos estatísticos, e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. Segundo a definição de 5.1, a velocidade básica V_0 é a velocidade do vento que apresenta um período de recorrência médio de 50 anos. A probabilidade de que a velocidade V_0 seja igualada ou excedida neste período é de 63%.

Tendo como base a tabela 3 – Fator estatístico S_z localizada na página 10 da NBR 6123, pode-se classificar a edificação no grupo 02 - Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação, a qual possui fator igual a:

$$S_z = 1,00$$

3.3.6. Continuação dos cálculos de V_k :

$$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_z$$

$$V_k = 30 * 1,00 * 0,91 * 1,00$$

$$V_k = 27,30 \text{ m/s} \approx 98,28 \text{ Km/h}$$

3.3.7. Pressão dinâmica do vento sobre a cobertura:

$$q = 0,613 * V_k^2$$

$$q = 0,613 * 27,30^2$$

$$q = 456,862 \text{ N/m}^2$$

III 3.4. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PRESSÃO SOBRE A COBERTURA

Segundo a NBR 6123[7], pode-se observar no item 4.2.1 a necessidade de calcular o coeficiente de pressão, o qual descreve-se como sendo a força do vento dependendo da diferença de pressão nas faces opostas da parte da edificação em estudo, os coeficientes de pressão são dados para superfícies externas e superfícies internas. Para os fins desta Norma, entende-se por pressão efetiva, Δp , em um ponto da superfície de uma edificação, o valor definido por:

$$\Delta p = \Delta p_e - \Delta p_i$$

Onde:

Δp_e = pressão efetiva externa

Δp_i = pressão efetiva interna

Portanto:

$$\Delta p = (c_{pe} - c_{pi}) * q$$

Onde:

c_{pe} = coeficiente de pressão externa: $c_{pe} = \Delta p_e / q$

c_{pi} = coeficiente de pressão interna: $c_{pi} = \Delta p_i / q$

Para critério de classificação de cargas, a norma estabelece que um valor positivo para Δp indica uma pressão efetiva com o sentido de uma sobrepressão externa, e um valor negativo para Δp indica uma pressão efetiva com o sentido de uma sucção externa.

III 3.5. CÁLCULO DO COEFICIENTE DE PRESSÃO E DE FORMA EXTERNO

Para o cálculo do coeficiente de pressão e de forma externos, segundo a NBR 6123, são dados nas Tabelas 4 a 8 e em Figuras e Tabelas dos Anexos E e F, aplicáveis a diversos tipos de edificações e para direções críticas do vento. Superfícies em que ocorrem variações consideráveis de pressão foram subdivididas, e coeficientes são dados para cada uma das partes.

Adota-se:

Para o cálculo das forças do vento nas respectivas zonas, aplicando-se ao dimensionamento, verificação e ancoragem de elementos de vedação e da estrutura secundária.

$$c_{pe \text{ médio}} = -1,10$$

Para edificações com paredes internas permeáveis, a pressão interna pode ser considerada uniforme. Neste caso, devem ser adotados os seguintes valores para o coeficiente de pressão interna:

Quatro faces igualmente permeáveis:

$$c_{pi} = -0$$

OBS.: Sendo este o valor mais nocivo para cálculo

3.5.1. Coeficiente de Pressão

$$\Delta p = (c_{pe} - c_{pi}) * q$$

$$\Delta p = (-1,10 - (0)) * 456,862 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta p = -502,549 \text{ N/m}^2$$

OBS.: Distribuído de forma uniforme sobre a estrutura que tende a se deformar com sucção externa

3.5.2. Cálculo do Coeficiente de Forma

A força do vento sobre um elemento plano de edificação de área A, atua em direção perpendicular a ele, sendo dada por:

$$F = F_e - F_i$$

Onde:

F_e = Força externa à edificação, agindo na superfície plana de área A

F_i = Força interna à edificação, agindo na superfície plana de área A

Portanto:

$$F = (C_e - C_i) * q * A$$

Onde:

C_e = coeficiente de forma externo: **$C_e = F_e/q * A$**

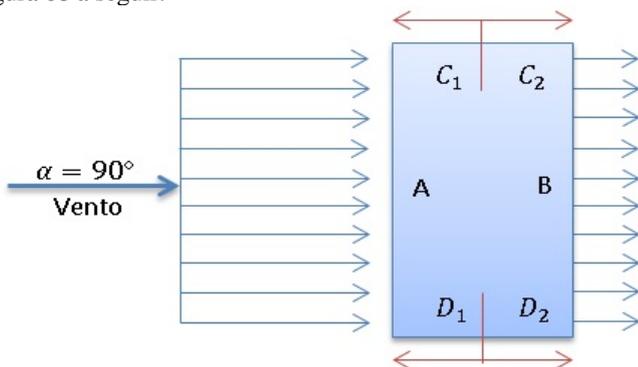
C_i = coeficiente de forma interno: **$C_i = F_i/q * A_{\#}$**

De acordo com que estabelece a Norma 6123, os valores positivos dos coeficientes de forma externo e interno correspondem a sobrepções, e valores negativos correspondem a sucções. Um valor positivo para F indica que esta força atua para o interior, e um valor negativo indica que esta força atua para o exterior da edificação.

III 3.6. COEFICIENTE DE FORMA

Para o cálculo do coeficiente de forma, será aplicado às áreas correspondentes a solicitação de cada pilar sendo aplicada uma divisão dos esforços sobre cada elemento estrutural, desta forma, possibilitando assim um cálculo mais aproximado das solicitações sobre cada fundação. Objetivando demonstrar de forma mais clara as áreas utilizadas para estes cálculos, será apresentado no Anexo B, à planta de incidência de vento sobre a estrutura.

Para cálculo de coeficiente de forma externa, adota-se os valores apresentados na NBR 6123, pág. 14, apresentados na figura 08 a seguir.



Sendo **$C_{eD} = b/2$** (o menor valor)

Figura 8: Coeficiente de forma para ventos de 90°.

Fonte: NBR 6123

		Valores de C_e para incidência de vento a $\alpha = 90^\circ$			
Altura Relativa		$\alpha = 90^\circ$			
Caso 1	Caso 2	A	B	C_1/D_1	C_1/D_1
$1/2 \leq h/b \leq 3/2$	$2 \leq h/b \leq 4$	0,7	-0,6	-0,9	-0,5

Quadro 01: Determinação de C_e para o caso mais adequado. Fonte: NBR 6123

Para os casos previstos nesta Norma, a pressão interna é considerada uniformemente distribuída no interior da edificação. Consequentemente, em superfícies internas planas, considera-se **$C_{pi} = C_i$** . Contudo, para a realização deste cálculo, considerou-se o pior caso para o coeficiente de pressão interna, sendo este considerado para: **$C_i = -0,3$**

Para os cálculos do coeficiente de forma temos:

$$C_e = 0,7 \div -0,6 \div -0,9 \div -0,5$$

$$C_i = -0,3_{\#}$$

$$q = 456,862 \text{ N/m}^2_{\#}$$

$$A = 9,40 \text{ m}^2 \div 37,80 \text{ m}^2 \div 49,30 \text{ m}^2 \div 26,73 \text{ m}^2_{\#}$$

Desta forma, segue a seguir, o quadro 02 com os valores referentes às solicitações de cada pilar correspondente a área de influência da ação do vento sobre a estrutura. Ainda, objetivando determinar as ações para o pior caso de incidência, soma-se o coeficiente de pressão ao coeficiente de forma, demonstrado a seguir.

	C_e	C_i	$q \text{ N/m}^2$	$A \text{ m}^2$	$F \text{ N/m}^2$	$F \text{ KN/m}^2$	$\Delta p \text{ KN/m}^2$	Combinação
P1	0,7	-0,3	456,862	10,75	4911,2665	4,911267	-	4,408717
P2	0,7	-0,3	456,862	38,36	17525,22632	17,52523	0,50255	17,02268
P3	0,7	-0,3	456,862	49,3	22523,2966	22,5233	0,50255	22,02075
P4	0,7	-0,3	456,862	49,3	22523,2966	22,5233	0,50255	22,02075
P5	0,7	-0,3	456,862	49,3	22523,2966	22,5233	0,50255	22,02075
P6	0,7	-0,3	456,862	38,36	17525,22632	17,52523	0,50255	17,02268
P7	0,7	-0,3	456,862	10,75	4911,2665	4,911267	0,50255	4,408717
P8	-0,6	-0,3	456,862	10,75	-1473,37995	-1,47338	0,50255	-1,97593
P9	-0,6	-0,3	456,862	38,36	-5257,5679	5,257568	0,50255	5,760118
P10	-0,6	-0,3	456,862	49,3	-6756,98898	6,756989	0,50255	7,259539
P11	-0,6	-0,3	456,862	49,3	-6756,98898	6,756989	0,50255	7,259539
P12	-0,6	-0,3	456,862	49,3	-6756,98898	6,756989	0,50255	7,259539
P13	-0,6	-0,3	456,862	38,36	-5257,5679	5,257568	0,50255	5,760118
P14	-0,6	-0,3	456,862	10,75	-1473,37995	-1,47338	0,50255	-1,97593
P15	-0,9	-0,3	456,862	22,5	-6167,637	6,167637	0,50255	6,670187
P16	-0,9	-0,3	456,862	22,5	-6167,637	-	-	-

ANDERSON WESLEY FREIRE CHAVES/UNINORTE LAUREATE, ORIENTADOR PROF. Msc. CHARLES RIBEIRO DE BRITO/UNINORTE LAUREATE, COORIENTADOR Eng. Esp. FREDERICO JOSÉ EBLING SOUZA, COORIENTADOR Eng. Esp. JOSÉ LUCINALDO FERREIRA DE SOUZA, Janeiro, 2018,

						6,167637	0,50255	6,670187
P17	-0,5	-0,3	456,862	22,5	-2055,879	-	-	-
						2,055879	0,50255	2,558429
P18	-0,5	-0,3	456,862	22,5	-2055,879	-	-	-
						2,055879	0,50255	2,558429

OBS: Valore negativos corresponde a forças exteriores a edificação e valores positivos correspondem à força atua para o interior.

Quadro 02: Combinações de esforços (coeficiente de pressão e de forma).

Fonte: Próprio Autor.

IV CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os valores demonstrados no quadro 02 apresentado no item 7.2, podemos compreender que os pilares P1 a P7 está sofrendo esforços de compressão no solo, sendo necessária uma resistência das fundações. Por outro lado, os pilares P8 a P18 está sofrendo esforços de tração, sendo solicitada uma força de ancoragem da estrutura para que este não se desloque.

Em comparação ao carregamento apresentado a cima, podemos apresentar no quadro 03 na página seguinte, os valores de resistência correspondentes às dimensões de projeto e as dimensões executadas, objetivando demonstrar de forma clara como as fundações poderão se comportar nos piores casos de solicitação da estrutura.

Serão apresentados também os valores estimados de resistência do solo que, para cálculos estimativos, levam-se em comparação as características visuais do solo, o qual apresenta uma grande presença de argila, silte e Laterita (piçarra) apresentado uma resistência de 0,3 Mpa, segundo a tabela 04 da NBR 6122. Entretanto, para critérios de segurança e visando a integridade da obra, utilizaremos valores minorados de resistência do solo em 50%, desta forma, utilizaremos para cálculo o valor de resistência do solo igual a 0,15 Mpa ou 1,52 Kgf/cm².

Desta forma, através dos resultados obtidos, pode-se concluir que a estrutura suporta as cargas de solicitação imposta pela ação do vento e a estrutura de fundação também suporta as cargas de compressão.

Vale ressaltar por fim que para os cálculos de resistência a solicitação não foi levada em consideração o peso da própria estrutura, o que diminuiria ainda mais as cargas solicitantes do vento. Não se levou em consideração, também as vigas baldrames que contribuem para uma dissipação de carga da estrutura.

Por fim, este memorial de cálculo conclui, através das verificações realizadas, que as fundações desta estrutura possuem plena capacidade de resistir às cargas solicitantes referentes a realidade local. Reafirmando veementemente a segurança e solidez destas fundações.

Pilar	Volume da fundação projetada (m ³)	Volume da fundação executada (m ³)	Peso das fundações projetadas KN	Peso das fundações executada KN	Solicitação a compressão pelo vento KN (piores casos)	Solicitação a tração do vento KN (piores casos)	Resistência do solo para os casos de compressão KN
P1	1,0715	0,485	26,26247	11,88735	4,408717		68,0189
P2	1,0715	0,485	26,26247	11,88735	17,02268		68,0189
P3	1,0715	0,485	26,26247	11,88735	22,02075		68,0189
P4	1,0715	0,485	26,26247	11,88735	22,02075		68,0189
P5	1,0715	0,485	26,26247	11,88735	22,02075		68,0189
P6	1,0715	0,485	26,26247	11,88735	17,02268		68,0189
P7	1,0715	0,485	26,26247	11,88735	4,408717		68,0189
P8	1,0715	0,485	26,26247	11,88735		-1,97593	
P9	1,0715	0,485	26,26247	11,88735		-5,760118	
P10	1,0715	0,485	26,26247	11,88735		-7,259539	
P11	1,0715	0,485	26,26247	11,88735		-7,259539	
P12	1,0715	0,485	26,26247	11,88735		-7,259539	
P13	1,0715	0,485	26,26247	11,88735		-5,760118	
P14	1,0715	0,485	26,26247	11,88735		-1,97593	
P15	0,704	0,547	17,25504	13,40697		-6,670187	
P16	0,704	0,547	17,25504	13,40697		-6,670187	
P17	0,704	0,547	17,25504	13,40697		-2,558429	
P18	0,704	0,547	17,25504	13,40697		-2,558429	

Quadro 03: Quadro comparativo dos esforços atuantes sobre as fundações.

Fonte: Próprio Autor

V. CONCLUSÃO

Frente aos resultados encontrados, podemos concluir que as fundações executadas suprem as necessidades de solicitações de tração, funcionando como “ancoras” da estrutura de cobertura da quadra. Bem como, o solo resiste as solicitações de compressão dos blocos de fundação, do peso próprio da estrutura e dos carregamentos acidentais que incidem sobre a estrutura.

Portanto é valido atestar que as fundações da estrutura analisada possuem plena solidez e segurança, servido como parâmetro para a avaliação das dimensões das fundações de projetos futuros com características semelhantes na mesma localidade, uma vez que o solo de Iranduba possui pouca variação de resistência, sendo composto basicamente de argila siltosa com uma resistência de compressão de aproximadamente 3 kgf/cm² ou 0.3Mpa.

Por fim, pode-se compreender que os projetos fornecidos pelos órgãos públicos para execução em todos os municípios brasileiros, levam em consideração os máximos esforços representados em todo o território nacional, acarretando em estruturas caras e superdimensionadas para algumas regiões

ANDERSON WESLEY FREIRE CHAVES/UNINORTE LAUREATE, ORIENTADOR PROF. Msc. CHARLES RIBEIRO DE BRITO/UNINORTE LAUREATE, COORIENTADOR Eng. Esp. FREDERICO JOSÉ EBLING SOUZA, COORIENTADOR Eng. Esp. JOSÉ LUCINALDO FERREIRA DE SOUZA, Janeiro, 2018,

brasileiras como a região amazônica. Desta forma, é sugerida o estudo individual dos locais que deverão receber tais projetos, a fim de fornecer os dados corretos aos projetistas, para que estes dimensionem as estruturas de acordo com as solicitações reais, adequando as estruturas as localidades e esforços aos quais deveram resistir.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CASTRO, J. **Com 5 novos municípios, Brasil agora tem 5.570 cidades**. O GLOBO - Revista Digital, Rio de Janeiro, jan. 2013. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/com-5-novos-municipios-brasil-agora-tem-5570-cidades-7235803>> Acessado em: 13 nov. 2017.

[2] FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Cobertura de Quadra Escolar Pequena**. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/par/eixos-de-atuacao/infraestrutura-fisica-escolar/item/5960-cobertura-de-quadra-escolar-pequena>> Acessado em: 13 nov. 2017.

[3] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6484 – **Solos – Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio**, Rio de Janeiro, Origem: Projeto NBR 6484:1997, fev. 2001.

[4] GONÇALVES, B. MACHADO, G.: **CICLONE – Ação dos ventos nas edificações: cálculos automatizados da pressão de obstrução e coeficientes de pressão em edificações** Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br> Acessado em: 13 nov. 2017.

[5] CPTEC, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, **Previsão do Tempo para as Cidades**, São Paulo, Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/cidades/tempo/234> Acessado em: 13 nov. 2017.

[6] METEOBLUE, Weather close to you, **Arquivos Meteorológicos de Manaus**, Basiléia, Suíça, Disponível em: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/previsao/archive/manaus_brasil_3663517?fcstlength=1y&year=2017&month=1 Acessado em: 15 jan. 2018.

[7] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6123 – **Forças devidas ao vento em edificações**, Rio de Janeiro, Origem: Projeto NB-599/1987, jun. 1988.