



**FEDERATION
EUROPEENNE DE LA
MANUTENTION**

**Product Group Cranes
and Lifting Equipment**

FEM

5.016

(2nd Edition)

29.05.2013

- Diretriz: -

**"Questões de Segurança na Instalação e Transporte de
Turbinas Eólicas"**

- Guideline -

**"Safety Issues in Wind Turbine Installation and
Transportation"**

- Guide -

**"Risques relatifs à la sécurité lors de l'installation et le
transport d'éoliennes"**

Fédération Européenne de la Manutention - Product Group Cranes and Lifting Equipment

Copyright: FEM PG CLE

Sources see end of the document

Available in: English (EN), French (FR), German (DE), Italian (IT), Spanish (ES), Portuguese (PT)

ÍNDICE

	Página
1. Introdução	4
2. Escopo	5
3. Fundamentos	5
3.1 Capacidade do guindaste e tabelas de capacidade.....	5
3.2 Enunciação do vento em tabelas de capacidade.....	5
3.3 Influência do vento sobre o guindaste e a carga	6
3.4 Princípios básicos sobre o vento	7
4. Planejamento do içamento e determinação da velocidade admissível do vento	9
5. Influência do vento durante a montagem, desmontagem e estacionamento do guindaste	13
6. Vento fora de serviço	13
7. Cargas nos estabilizadores e pressões sobre a superfície	13
8. Riscos para guindastes móveis durante os reparos de geradores eólicos.....	14
9. Estradas de acesso	14
9.1 Preparo.....	14
9.2 Deslocamento do guindaste em configuração parcialmente montada	15
10. Conclusão.....	15
Fundamentos teóricos	16
Anexo 1: Velocidade do vento como função da elevação	19
Tabela 1 — velocidade das rajadas de vento de 3 segundos como função da sua velocidade média conforme a escala Beaufort Scale e a elevação.....	19
Anexo 2: Pressão de impacto como função da elevação	20
Tabela 2 — Pressão de impacto quase estático como função da velocidade média do vento conforme a escala Beaufort e como função da elevação	20
Anexo 3: Formas típicas	21
Tabela 3 — Tabela com formas típicas e valores de C_w correspondentes	21
Anexo 4: Valores Beaufort.....	22
Tabela 4 — Escala Beaufort	22
Anexo 5: Tabela de capacidade	23
Tabela 5 — Exemplo de uma tabela de capacidade.....	23
Bibliografia	23
Referências	25

Aviso Legal: Ele não cobre todo e qualquer cenário imaginável nem constitui interpretação obrigatória da estrutura legal existente. Ela não é nem pode ser substituto do estudo das respectivas diretivas, leis e regulamentos. Além disso, os recursos específicos dos diferentes produtos e suas várias aplicações tem de ser levadas em conta (ver as respectivas instruções de operação dos equipamentos usados). É por isto que as avaliações e procedimentos citados neste documento podem ser influenciados por uma grande variedade de circunstâncias.

Corrigenda (2º Ed.)

- a) Figura 3 corrigida
- b) Capítulo 4 "Para habilitar o rápido e fácil ... no fluxograma do trabalho para determinar a velocidade do vento mínima permitida."
- c) Adicionada a legenda da figura 4
- d) Página 17, na seção Fundamentos teóricos, "p: Pressão dinâmica" é substituída por "q: "Pressão de impacto quase estática"

1. Introdução

As cargas de içamento em condições de vento forte podem apresentar um possível perigo que não se deve subestimar. As forças do vento atuando sobre as cargas durante operações de içamento levaram a vários acidentes graves, principalmente na indústria de turbinas eólicas. Sendo assim, a ESTA (European Association of Heavy Haulage Transport and Mobile Cranes Group) e a FEM (European Association of Lifting Equipment Manufacturers, Product Group Cranes and Lifting Equipment, Mobile Cranes) já publicou um alerta de segurança em abril de 2010 em várias revistas (N 0219 documento compilado pela FEM/ESTA).

Antes de iniciar o içamento, o guindasteiro precisa confirmar que o guindaste e a carga não estejam expostas a qualquer vento que ultrapasse os limites determinados pelo fabricante do guindaste. Por isso, é importante estar informado a respeito das expectativas de vento bem antes de começar. No entanto, especialmente perigosas são as rajadas que podem surgir junto com aguaceiros e tempestades, por exemplo.

Além disso, muitas transportadoras e locadoras de guindastes reclamam das limitações (pressão) do tempo, no que se refere ao tempo de montagem das turbinas eólicas. Principalmente no final do ano, esse tempo costuma encurtar até limites inaceitáveis. Sem o tempo hábil apropriado para a montagem, aumenta a possibilidade de ocorrer "vista grossa" em questões de segurança, agravando o risco de acidentes pela operação do guindaste em condições de vento mais fortes do que as projetadas pelos fabricantes.

Este documento serve para informar guindasteiros, projetistas e fabricantes sobre as questões de segurança durante a montagem de turbinas eólicas, especialmente as influências do vento sobre um guindaste em movimento no canteiro de obras. O terceiro capítulo é uma introdução aos fundamentos das cargas eólicas tais como, p.ex. cobertas pela Norma europeia para guindastes móveis, EN13000. Na sequência, será mostrado como calcular as cargas de vento e, finalmente, casos de cargas especiais, como na montagem de turbinas eólicas. Também veremos quais as informações exigidas.

Este documento não pretende esgotar o assunto, apenas complementando as instruções de operação do guindaste específico. Portanto, ele não substitui essas instruções nem as tabelas de carga do referido guindaste.

Deseja-se criar mais sensibilidade no trabalho com usinas pesadas pela emissão deste documento. A FEM, pelo presente, oferece a experiência de todos os fabricantes inscritos na associação.

2. Escopo

Este documento aplica-se a guindastes móveis (p.ex. guindastes telescópicos sobre pneus ou esteiras) Ele deve servir apenas como referência e súmula: sua função é orientar na avaliação de riscos.

3. Fundamentos

3.1 Capacidade do guindaste e tabelas de capacidade

A capacidade de um guindaste móvel em uma configuração é limitada pelas influências de diversas variáveis (p.ex. resistência estrutural dos componentes, estabilidade do guindaste inteiro). Por isso, a capacidade de carga admitida por configuração é dada por uma tabela de capacidade como a combinação da carga admitida no raio de carga correspondente (ver exemplo no Anexo 5). A combinação carga/raio é monitorada pelo controle de carga do guindaste (limitador da capacidade nominal, RCL) e não pode ser ultrapassada.

As cargas admitidas na tabela de capacidade podem precisar de mais redução quando se ultrapassam as suposições feitas durante o cálculo do projeto (ver adiante no capítulo 3.2). Esta avaliação específica do trabalho fica sob a responsabilidade do usuário do guindaste.



O planejamento e a execução de um içamento com cargas que ultrapassem as capacidades admitidas, incluindo, por exemplo, a influência previsível do vento, além de anular o controle de carga do guindaste pode provocar acidentes com ferimentos ou fatalidades!

3.2 Enunciação do vento em tabelas de capacidade

Quase sempre os ventos e suas rajadas ocasionais são um fator subestimado durante os içamentos com guindastes móveis. Quando cargas suspensas com grande área superficial, como as pás do rotor ou o rotor completo de geradores eólicos, são expostas ao vento, as condições e suposições para o cálculo das cargas de vento podem diferir bastante dos padrões estipulados pela EN 13000. Esses padrões são básicos para os cálculos do guindaste; assim, pode-se ultrapassar em muito as cargas de vento teóricas.

Todos os guindastes móveis trabalhando no mercado europeu precisam atender os requisitos da European Machinery Directive 2006/42/EC. A correspondente norma europeia para guindastes móveis é a EN 13000, que contém suposições de carga para o cálculo da estrutura de um guindaste móvel que a sustenta. Quanto ao cálculo das forças do vento sobre a carga suspensa, fazem-se as seguintes hipóteses:

- 1) Uma área projetada padrão de superfície da carga suspensa de 1 m^2 por ton.
- 2) Um fator de arrasto padrão da carga suspensa de $c_w = 1.2$.

Mas

- As pás ou o conjunto do rotor geralmente tem o valor de projeto da sua área superficial muito maior do que $1 \text{ m}^2/\text{t}$, com frequência 5 a 10 vezes maior,
- O fator de c_w de um conjunto completo de rotor costuma ficar entre 1,5 e 1,8 e não em 1,2 conforme presumido pela Norma EN 13000.

Portanto, as velocidades de vento admitidas nas tabelas de capacidade do guindaste costumam não valer para o içamento de pás ou conjuntos de rotores e outras estruturas com grandes áreas de vela.

O içamento destes itens vai exigir menores velocidades de vento se comparadas às de quando se levantam seções da torre, uma nacela ou outros elementos pesados.

Com referência à EN 13000, a velocidade do vento indicada nas tabelas de capacidade vem da chamada "rajada de 3 segundos" medida no ponto mais alto do sistema da lança e não a velocidade média medida à altura de 10 metros durante um período de 10 minutos conforme apurada na maioria das estações meteorológicas. A velocidade da rajada de 3 segundos pode facilmente superar o dobro ou mais deste parâmetro. Ou seja, considerar a velocidade média do vento à altura de 10 m pode subestimar em muito as condições reais.

Esses 3 fatores,

- a área superficial ao vento do rotor ou seus conjuntos,
- o fator de arrasto de c_w e
- a velocidade da "rajada de 3 segundos" medida no ponto mais alto do sistema da lança

estão entre as razões pelas quais se exige criterioso planejamento, que observe as condições meteorológicas e a expectativa/previsão de um tempo de espera, para o içamento de pás de rotores ou seus conjuntos.



Deve-se contar com demoras nas operações de içamento de pás ou conjuntos de rotores devido às tolerâncias na velocidade de vento, que são quase sempre muito inferiores ao que consta na tabela de carga do guindaste. O risco dessas demoras precisa ser considerado durante o planejamento.

3.3 Influência do vento sobre o guindaste e a carga

A velocidade e a direção do vento, assim como a forma e o tamanho da carga, exercem grande influência sobre a estabilidade e o carregamento de guindastes móveis.

Quando a velocidade do vento dobra, a carga de vento torna-se quatro vezes maior e essa velocidade aumenta com a altura acima do solo (ver capítulo 3.3 adiante). A forma da carga afeta sua resistência ao vento e a carga de vento que atua sobre o guindaste (ver capítulo 4 adiante).

A influência do vento sobre o guindaste e a carga gera esforços sobre os estabilizadores muito diferentes dos valores publicados nos manuais ou calculados com as ferramentas de planejamento da operação fornecidas pelos fabricantes (ver também o capítulo 7).

Quando o vento atinge a carga, ela pode balançar na direção em que ele sopra. Isto significa que a força da carga já não atua mais na vertical sobre a lança. Dependendo da velocidade do vento, da área da carga exposta a ele e da direção em que ele sopra, o raio da carga pode aumentar ou forças laterais proibitivas podem atuar sobre a lança do guindaste.



Se a carga criada pelo balanço se aproximar do máximo permitido para aquela configuração, o interruptor do RCL pode ficar ligando e desligando sem parar.

O vento pode soprar pela frente, por trás e pelas laterais do guindaste e da carga. Os 3 vetores tem de ser considerados para o guindaste e a carga e terão efeitos diferentes sobre o guindaste:

O **vento pela frente** não reduz a carga do gancho, dos cabos de aço, roldanas e guincho porque a carga continua a agir com sua força gravitacional.

Com vento pela frente, o sistema da lança é aliviado da carga, pois ele atua sobre a área de vela da lança, reduzindo seu peso morto. A indicação de carga no limitador de capacidade nominal (RCL) é inferior à carga útil real.



O respectivo limite do interruptor do RCL passará para um raio maior do que o indicado nas tabelas de carga. Portanto, o guindaste estará sobrecarregado no seu ponto de interrupção.

O **vento lateral**, agindo sobre a lança do guindaste e a carga, torna-se particularmente difícil para o guindaste móvel.



Sua carga adicional não é detectada nem indicada pelo limitador de capacidade nominal (RCL). A indicação de carga é similar àquela de quando se trabalha sem vento. Isto pode resultar na sobrecarga do guindaste quanto à sua resistência e estabilidade.

Com o **vento por detrás** o sistema da lança fica mais carregado. A indicação do RCL é superior à carga útil real. O interruptor do RCL atua sob carga inferior ao máximo admissível indicado na tabela de carga.



Um guindaste (especialmente quando levanta cargas com grande área de superfície exposta ao vento) jamais deve ser programado para muito perto dos limites da tabela de carga.

Com a carga balançando durante o içamento, todas as direções do vento discutidas podem influenciar o seu estado, mesmo que a direção do vento em si permaneça inalterada.

A melhor qualidade e tecnologia dos guindastes móveis mais avançados, um guindasteiro com muitos anos de experiência profissional e conhecimento da influência dos ventos e o planejamento profissional e bem antecipado do içamento podem reduzir bastante o risco de um acidente.

3.4 Princípios básicos sobre o vento

As velocidades do vento costumam ser classificadas com a chamada "**escala Beaufort**" em bft (ver Anexo 4). Trata-se de uma escala fenomenológica (pela observação de fenômenos naturais) de 0 a 12. Pode-se determinar a intensidade do vento por meio de efeitos visíveis típicos e observações naturais da paisagem. A força Beaufort refere-se, em termos práticos, ao valor médio da velocidade do vento dentro de um período de **10 minutos** à altura de 10 metros. Os valores Beaufort variam de 9 (calmo) a 12 (furacão).

Uma lufada forte que ocorre no âmbito de um sistema de vento ou tempestade é conhecida como **rajada**. As pessoas sempre se surpreendem quando escutam a meteorologia falar de um vento de 33 km/h, por exemplo, pois sempre se tem a impressão de que ele é muito mais forte. Na verdade, as rajadas são lufadas de vento muito mais poderosas e independentes da sua velocidade média. Assim, uma rajada pode atingir 60 km/h ou mais enquanto a velocidade média registra muito menos (no exemplo, 33 km/h).



A velocidade de uma rajada é o valor médio da velocidade do vento medido durante **3 segundos**. A velocidade da rajada é superior à média do vento, que é medido durante um período de 10 minutos. Além disso, a direção do vento durante uma rajada pode variar cerca de 30 graus, provocando outros efeitos colaterais imprevisíveis.

Bem acima do solo, em altitudes de cerca de 1 quilômetro, o vento não é mais afetado pelas características superficiais do solo. As velocidades do vento nas camadas inferior da atmosfera são reduzidas pelo atrito com o solo. Deve-se diferenciar entre a **irregularidade** do terreno, a influência de obstáculos e a dos contornos da paisagem, também conhecidos como "orografia" da terra. As classes de irregularidade variam de 0 (superfície da água) a 4 (cidades com arranha-céus).

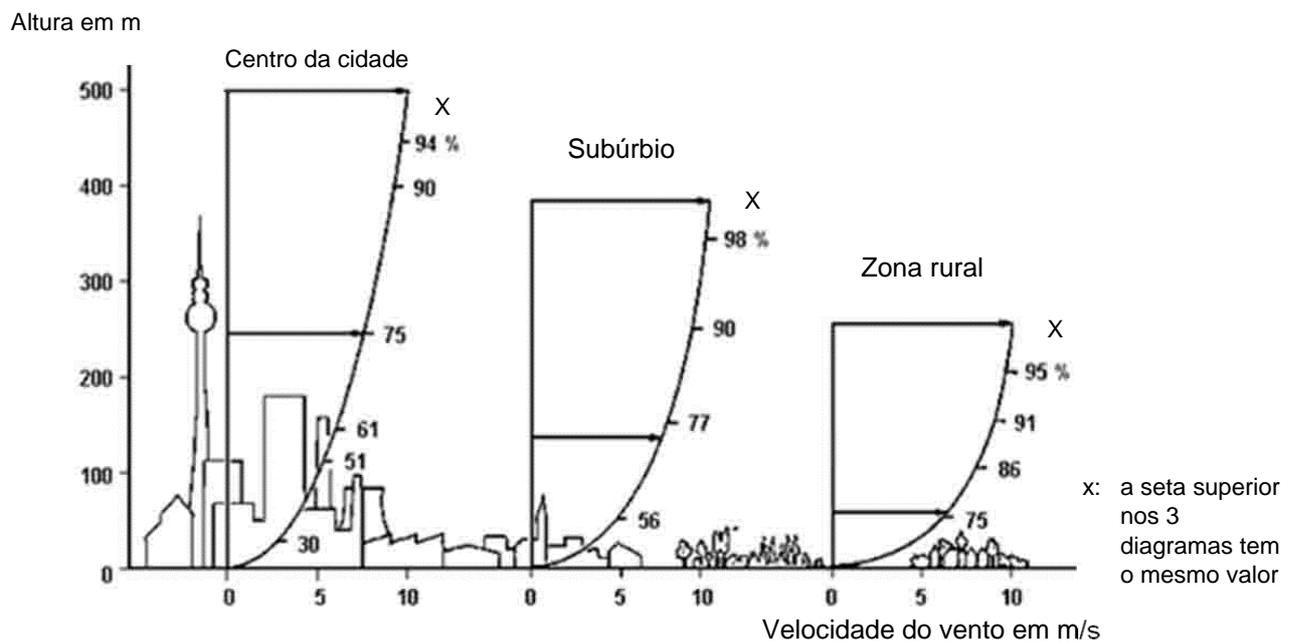


Figura 1 — Influência da velocidade do vento pela irregularidade do solo

No ramo da energia eólica, os técnicos costumam falar de classes de irregularidade quando tratam de avaliar as características do vento em um cenário. Uma classe alta de rugosidade, de 3 a 4, caracteriza-se por muitas árvores e prédios, enquanto a superfície de um lago tem rugosidade 0. As pistas de concreto de um aeroporto ocupam a classe 0,5. **Valores dos serviços meteorológicos e cálculos relativos à velocidade do vento referem-se à rugosidade classe 2.** Em caso de categorias menores de rugosidade, é preciso considerar que a velocidade do vento será maior no canteiro de obra (ver figura acima) do que os índices fornecidos pela meteorologia.

Velocidade do vento conforme a altura

Para calcular a velocidade esperada do vento no ponto mais alto da lança, use a tabela do Anexo 1.

Exemplo:

Você recebe o aviso (p.ex., da estação meteorológica mais próxima) de um vento de 6.2 m/s a 10 metros do nível do solo, calculado durante 10 minutos. De acordo com a tabela Beaufort (ver Anexo 4), isto representa uma velocidade com o valor Beaufort de 4. Você tem uma altura máxima de içamento de, p.ex., 50 metros. Agora, pode-se ler a velocidade da rajada de vento de 3 segundos na altura de 50 metros com o auxílio da tabela do Anexo 1, que indica 13 m/s. Como isto ultrapassa a velocidade máxima admissível para rajadas de vento de 9 m/s, de acordo com a tabela de carga, a operação de içamento não poderá ocorrer.

4. Planejamento do içamento e determinação da velocidade admissível do vento

É preciso conhecer ou solicitar os seguintes valores antes do içamento:

- A **massa da carga útil** (m)
- A **área superficial máxima projetada** (A_p) da carga (ver abaixo)
- O **fator de arrasto** (c_w)
- A previsão de **velocidade das rajadas de vento** de 3 s (v_{act}) no ponto mais alto do sistema da lança

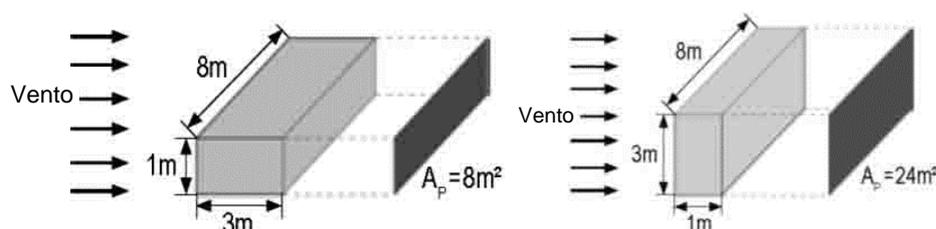


Figure 2 — Cálculo de A_p

Os procedimentos e informações de segurança sobre as condições do vento dados nas tabelas de capacidade e manuais de operação dos fabricantes tem de ser rigorosamente observados e seguidos para evitar acidentes. A programação, assim como a operação, só podem ser feitos por pessoal experiente e qualificado.

Cada içamento deve ser programado tendo em conta as condições ambientais (p.ex. dados meteorológicos, incluindo previsões do tempo e as respectivas condições ambientais).

- A determinação da velocidade do vento deve se basear nas rajadas (de 3 segundos) esperadas no ponto mais alto do sistema da lança.
- Durante esta programação, a carga içada, sua forma geométrica e o fator de arrasto do ar também precisam ser consideradas.

Um método de cálculo simplificado (ver fluxograma abaixo) abrange todos os casos individuais, sendo, portanto, conservador. Cálculos exatos podem admitir maiores velocidades do vento/ o fabricante pode ser contactado para esses cálculos.

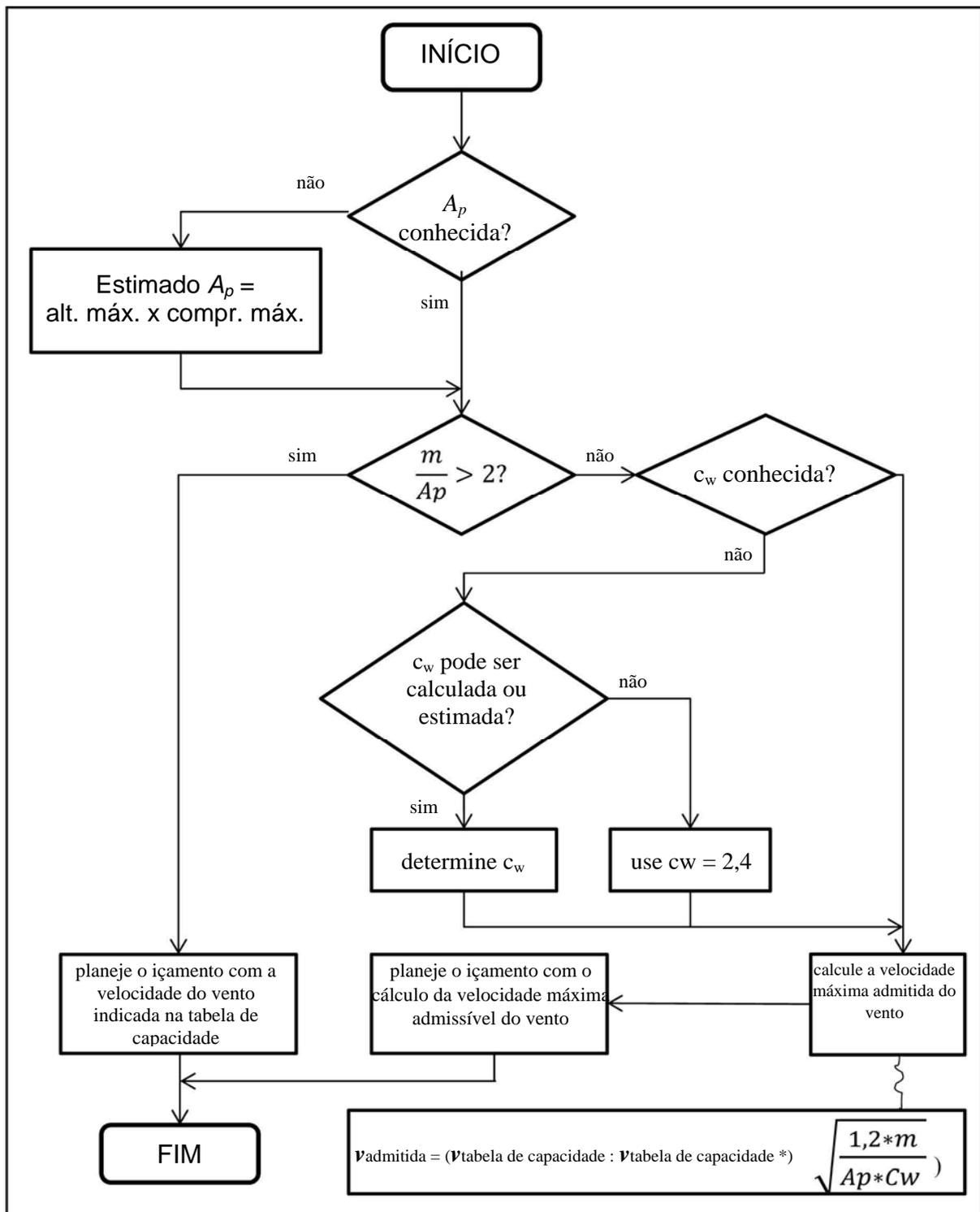


Figura 3 — Fluxo de trabalho para determinar a velocidade do vento admitida

Legenda

- m – Carga útil [t]
- A_p – área superficial projetada [m²]
- c_w – fator de arrasto; exemplo de formas e respectivos fatores de arrasto pode ser consultado no anexo 3
- $V_{allowed}$ – velocidade máxima admitida do vento em rajadas de 3 segundos no ponto mais alto do sistema da lança [m/s]. Não pode ser maior do que a velocidade da tabela de carga. [m/s]
- $V_{capacity\ chart}$ – velocidade do vento da tabela de capacidade [m/s]

O fator 2 mencionado na fórmula $\frac{m}{A_p} > 2$ corresponde à razão entre o fator de arrasto máximo de 2.4 e o fator de arrasto padrão de 1.2 que se supõe para a carga.

Para permitir a determinação rápida e fácil da velocidade máxima admitida do vento (fórmula grande no fluxograma acima), pode ser fornecido um diagrama de redução desta velocidade (ver exemplo abaixo). Os dois exemplos a seguir mostram a utilização desses diagramas. Pode-se obter os mesmos resultados usando a fórmula do fluxograma de trabalho para determinar a velocidade admitida do vento.

Exemplo 1 para determinação da velocidade máxima admitida do vento (linha pontilhada no diagrama de redução, ver abaixo):

Uma carga com massa de 85 t tem um valor de c_w de 1.2 e área superficial projetada de 50 m². Um fator de arrasto c_w de 1.2 e uma área superficial projetada de 50 m² resultam numa área exposta ao vento de 60 m² (A_{w1}). Neste exemplo, a tabela de carga permite a velocidade máxima do vento de 9 m/s. Por esta razão, é preciso usar o diagrama de redução com 9 m/s. Agora, deve-se traçar nos 9.0 m/s do diagrama de redução uma linha vertical ascendente no valor de 60 m² de área exposta ao vento. Trace uma linha horizontal para a direita até a carga a ser içada de 85 t. A interseção das duas ocorre em frente do gradiente de 9 m/s.

⇒ A velocidade máxima admitida do vento para o caso desta carga continua 9 m/s como indicado na tabela de carga.

Exemplo 2 para determinação da velocidade máxima admitida do vento (linha contínua no diagrama de redução, ver abaixo):

A carga a ser levantada tem massa de 50 t, valor de c_w de 1.3 e área superficial projetada de 77 m², resultando em uma área exposta ao vento de $77 \cdot 1,3 = 100$ m² (A_{w2}). Se a área exposta ao vento for dividida pela carga, resultará no valor de 2 m² por t. Isto ultrapassa o valor admissível para a área superficial da carga exposta ao vento, de 1.2 m² por t. De acordo com a tabela de carga novamente é admissível uma velocidade máxima do vento de 9 m/s (para a respectiva área exposta ao vento de 1.2 m² por t). Agora será preciso determinar a velocidade máxima admissível do vento por meio do diagrama de redução dessa velocidade para 7 m/s.

⇒ A velocidade máxima admissível do vento para levantar esta carga terá de ser reduzida para 7 m/s frente aos 9 m/s mostrados na tabela de carga.

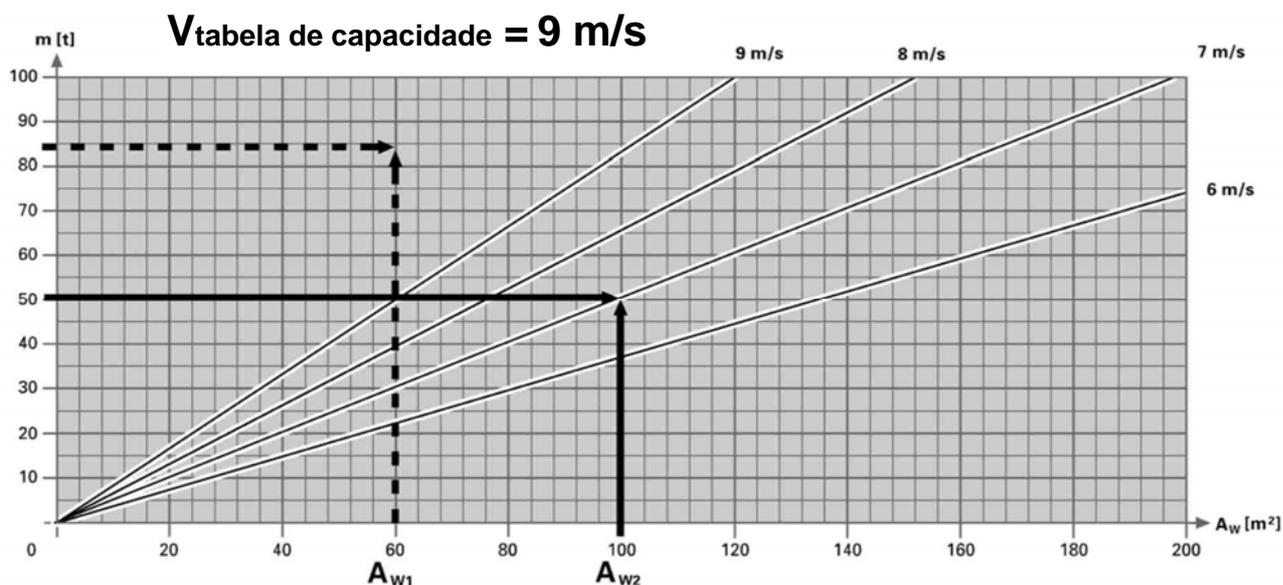


Figura 4 — Diagrama de redução da velocidade do vento

Legenda

$$A_w = A_p * c_w \quad A_w - \text{área superficial exposta ao vento (m}^2\text{)}$$



A velocidade máxima admissível do vento, determinada em 7 m/s no exemplo 2, não está programada no sistema de computação de um guindaste móvel. Não há aviso quando ela é ultrapassada. Por esta razão, o próprio guindasteiro precisa monitorar esta velocidade no computador.



Sendo atingida ou excedida, a carga terá de ser baixada ao solo o mais rápido possível. Como quase sempre é muito difícil ou mesmo impossível devolver ao solo a carga já suspensa, torna-se essencial para um içamento seguro saber antecipadamente as condições do vento durante toda a duração do processo (incluindo a montagem e desmontagem (ver capítulo 5)), p.ex. obtendo uma previsão detalhada do tempo.

Antes de começar um içamento, faça o guindaste descarregado girar 360° e observe a velocidade do vento medida pelo anemômetro e exibida na cabine do guindaste. Como o anemômetro pode ficar abrigado pelo cata-vento ou a estrutura do guindaste, a velocidade máxima do vento pode variar com o giro do guindaste.

Tais diagramas de redução podem ser fornecidos pelo fabricante do guindaste para cada velocidade indicada nas tabelas de capacidade; sem eles, o cálculo pelo diagrama do fluxo de trabalho apresentado acima levará aos mesmos resultados.

5. Influência do vento durante a montagem, desmontagem e estacionamento do guindaste

O operador deverá considerar as instruções e informações do fabricante sobre a influência do vento durante a montagem, desmontagem e estacionamento do guindaste. As informações contidas neste manual abordam no mínimo os seguintes fatores:

- Velocidade do vento, configuração do guindaste e posicionamento das lanças; estes fatores afetam bastante a estabilidade dos guindastes móveis durante os referidos procedimentos.
- A montagem de cada guindaste deve ser planejada considerando as condições ambientais (p.ex. dados meteorológicos com previsões do tempo e condições ambientais relevantes) pela duração de todas as fases, incluindo montagem, operação, estacionamento e desmontagem.

6. Vento fora de serviço

Um guindaste móvel só pode operar com carga dentro das velocidades admissíveis do vento (rajada de 3 segundos) dadas nas tabelas de carga (para a respectiva área exposta ao vento igual ou inferior a 1.2 m^2 por t) ou determinadas por outro método de cálculo (para a respectiva área exposta ao vento superior a 1.2 m^2 por t – ver capítulo 4). Quando esta velocidade aumenta, o guindaste tem de ser colocado em posição segura, seja baixando a lança ou ficando em posição de estacionamento. A posição de estacionamento dada pelo fabricante é otimizada para a máquina suportar ventos em alta velocidade. Para o guindaste fora de serviço, essas velocidades são dadas pelo fabricante.

Enquanto baixa a lança ou coloca-se em posição de estacionamento, o guindaste pode passar por posições mais expostas ao vento; portanto, a lança precisa baixar ou entrar em posição o quanto antes, para não ultrapassar a velocidade do vento admitida para montagem/desmontagem dada pelo fabricante.

7. Cargas nos estabilizadores e pressões sobre a superfície

- As cargas nos estabilizadores e pressões sobre a superfície pelas esteiras dos guindastes móveis, como fornecidas pelos fabricantes, não consideram a deformação elástica do guindaste (referente à teoria da 2ª ordem).
- inclinação admissível para o guindaste,
- cargas de vento na lança e na carga,
- carga adicional devido à dinâmica (movimentos do guindaste),
- interação entre a carga do guindaste sobre as sapatas dos estabilizadores ou esteiras e o solo.

A evolução dos guindastes e o aumento dos requisitos durante o trabalho nos canteiros de obra nos últimos anos, tais como

- uso de aço de alta resistência com maior elasticidade
- maior comprimento do sistema
- construção mais leve
- içamentos mais frequentes com maiores áreas superficiais expostas ao vento e maiores valores de c_w
- uso em locais com maiores velocidades do vento

levam à maior deformação elástica do guindaste. Isto resulta em maiores cargas sobre os estabilizadores / pressões sobre a superfície embaixo dos guindastes.

Como regra empírica, é preciso considerar os seguintes fatores para guindastes móveis com estabilizadores:



Ao levantar seções da torre ou a nacele, deve-se acrescentar mais 20% às pressões sobre os estabilizadores indicadas pelo fabricante para esta configuração.



Ao levantar uma lâmina de rotor ou seu conjunto completo, deve-se acrescentar mais 35% às cargas sobre as sapatas dos estabilizadores para este caso específico.

Isto deve ser lembrado durante a seleção das placas de apoio adequadas embaixo dos estabilizadores do guindaste.

Quando se utilizam guindastes sobre esteiras, o aumento das pressões sobre a superfície depende do solo sob as lagartas/esteiras e o tamanho dessas últimas. Este caso exige cálculos especiais. Lembre-se sempre de computar o acréscimo de cargas sobre os estabilizadores ou pressões sobre a superfície embaixo das esteiras criado pela ação do vento sobre o guindaste e sua carga. Confirme também que as plataformas rígidas sejam projetadas de acordo com isto e as chapas de apoio sejam capazes de receber essas cargas adicionais.

8. Riscos para guindastes móveis durante os reparos de geradores eólicos

Para reparos como a troca das pás do rotor ou do rotor completo, costuma-se usar um guindaste menor do que o da instalação do gerador eólico, em que o guindaste é dimensionado conforme o peso da enorme nacele. Portanto, o guindaste usado para manutenção pode estar trabalhando perto da sua capacidade nominal, caso em que a carga adicional do vento, se não computada no planejamento, pode sobrecarregar o guindaste.

Durante a descida de componentes do gerador eólico, procure enrolar com firmeza o cabo no tambor do guincho, para não se embaralhar durante a subida do moitão vazio. Pode-se evitar este risco usando um moitão mais pesado ou uma carga extra.

9. Estradas de acesso

9.1 Preparo

Devido ao pouco tempo disponível, quase sempre os guindastes móveis passam de uma plataforma rígida para a outra no canteiro de obra em configuração semimontada. Isto exige mais algumas precauções de segurança:

Capacidade de sustentação de carga

As estradas de acesso precisam ser capazes de aguentar as cargas dos eixos e pressões das esteiras sobre a superfície produzidas pelo guindaste em configuração semimontada. Ao trafegar por estradas de acesso com o acessório Superlift e/ou a seção da base da lança articulada e/ou parte do contrapeso, a carga dos eixos deve aumentar em 25 toneladas ou mais. A empreiteira responsável pela construção das estradas de acesso tem de estar muito ciente desta maior pressão sobre a superfície.



As estradas de acesso devem ser projetadas para receber o guindaste na configuração específica em que ele se desloca até o canteiro e não de acordo com a configuração rodoviária ou uma carga dos eixos ou pressão das esteiras sobre a superfície determinadas por seus valores genéricos.



Estradas de acesso para guindastes todo-terreno e caminhões-grua: Lembre-se de que um pneu normalmente carregado de um guindaste com 12 t de carga sobre o eixo e sob pressão nominal de 10 bars equivale a uma carga local sob o pneu de 100 t/m²!

Inclinação transversal, arqueamento ou gradiente de estradas de acesso

O arqueamento (ou inclinação transversal) da estrada e o seu gradiente devem estar dentro dos limites definidos pelo fabricante do guindaste.



A estrada precisa estar projetada para receber o guindaste naquela configuração específica em que ele se deslocará pelo canteiro.



De acordo com a inclinação da estrada e a elasticidade dos pneus, as cargas sobre as rodas direita e esquerda do guindaste móvel podem ser diferentes! Confirme se a estrada pode receber esta carga.



Estradas de acesso para guindastes de esteira: Se a largura externa das esteiras for maior do que a largura de sustentação da estrada de acesso, o solo pode ficar sobrecarregado, já que apenas a parte interna de cada esteira receberá a carga, provocando a sua inclinação. Isto pode levar a um tombamento lateral. Além disso, os roletes da esteira passam a ter apenas um ponto de contato com as sapatas, aumentando o desgaste. O mesmo acontece quando a seção transversal da estrada de acesso é muito abaulada para a drenagem das águas.

9.2 Deslocamento do guindaste em configuração parcialmente montada

Quando guindastes móveis se deslocam em configuração semimontada, o centro de gravidade passa a ficar em nível mais alto. Portanto, a inclinação para cada lado vai levar à rápida excursão deste centro em relação à linha central do equipamento. Por sua vez, isto aumenta as cargas sobre os pneus ou esteiras, o solo pode ceder e o guindaste oscilar para os lados. O deslocamento de guindastes móveis em configuração semimontada por estradas de acesso ou quaisquer outras só deve ser feito de acordo com o manual do operador e/ou após consultar o fabricante do equipamento.

As instruções do fabricante precisam ser obedecidas com rigor, pois este centro de gravidade mais alto apresenta riscos adicionais.

Como apoio geral (p.ex., em caso de defeito em algum pneu ou se o solo ceder), os estabilizadores dos guindastes telescópicos ou de lança treliçada sobre esteiras ou montados em caminhão devem sempre ser estendidos quando trafegarem parcialmente montados. As sapatas dos estabilizadores devem ficar um pouco acima do solo e os locais embaixo delas, quando em movimento, devem estar nivelados, para evitar que elas se prendam em valas e o local consiga sustentar a carga, se for preciso.

10. Conclusão

Durante a operação do guindaste sob condições de vento, especialmente ao içar cargas de grande área superficial, a influência do vento não pode deixar de ser computada. Antes de começar o trabalho, o guindasteiro deverá determinar a velocidade máxima esperada para o vento no canteiro, entrando em contato com a respectiva estação meteorológica. O içamento fica proibido quando as velocidades do vento esperadas ultrapassarem o máximo calculado para a respectiva carga durante o planejamento da operação. Quando o vento estiver soprando pouco antes do içamento, haverá grande probabilidade de rajadas inesperadas logo a seguir. Há dados sobre a previsão do **tempo**

disponíveis na Internet (p.ex. www.windfinder.com sob o título "Super Forecast"). Lembre-se de que a respectiva velocidade das rajadas vale apenas para a altura de 10 metros acima do solo.

Principalmente durante o içamento de cargas com massa relativamente pequena mas grandes áreas de vela, a carga de vento tem considerável influência sobre o desempenho do guindaste. A área efetiva da carga exposta ao vento que precisa ser levada em conta é o resultado da área projetada multiplicada pelo fator c_w (fator de arrasto - coeficiente de forma da carga). A área de vela e o fator c_w tem de ser conhecidos por todos os envolvidos no planejamento da operação de içamento.



Fazer um içamento sem considerar as forças esperadas do vento e a efetiva área superficial da carga exposta a ele pode levar à falha de componentes e/ou ao tombamento do guindaste!



A falta de atenção com os efeitos do vento no canteiro constitui risco de vida.

Fundamentos teóricos

(Para mais informações, consulte EN 13000:2010)

Definições

N	Newton (unidade de força)
c_w	fator de resistência ao vento (fator de arrasto)
A_P	área superficial projetada de um corpo (m^2)
A_W	área superficial exposta ao vento (m^2)
V_{max}	velocidade máxima admissível de rajadas de 3 segundos (m/s) no ponto mais alto do sistema da lança.
\bar{v}	velocidade do vento determinada em mais de 10 min v [m/s] a 10 m acima do nível do solo ou do mar
$v_{(z)}$	valor médio da velocidade do vento durante 3 segundos na altura z acima do solo (m/s).
z	altura acima do solo
q	Pressão de impacto quase estático (pressão sobre um corpo resultante da exposição ao vento em N/m^2)
F_w	Carga de vento (influência da força sobre um corpo resultante da exposição ao vento)
m_H	Carga do guincho (t) (incl. equipamento de amarração, moitão e possível seção do cabo de aço). A carga do guincho não pode passar do valor máximo na tabela de carga.

Velocidades e pressões do vento:

Para calcular as cargas de vento presume-se que ele esteja soprando na horizontal a partir da direção mais desfavorável, mas em velocidade relativa à elevação (10 m acima do solo). A necessidade de uma rajada de 3 segundos $v(z)$ [m/s] atuando em um ponto elevado z [m] e decisiva para os cálculos baseia-se na velocidade média do vento determinada durante 10 min [m/s] a 10 m de altura acima do solo ou do nível do mar.

$$v(z) = \left[\left(\frac{z}{10} \right)^{0,14} + 0,4 \right] \cdot \bar{v}$$

para $z = 10[m] \Rightarrow v(z) = 1,4 \cdot \bar{v}$ **ver Anexo 1**

A pressão de impacto quase estático q [N/m²] é resultado de:

$$q = 0,625 \cdot v(z)^2$$

para $z = 10[m] \Rightarrow q(z) = 1,225 \cdot \bar{v}^2$ **ver Anexo 2**

A velocidade do vento admissível para o guindaste em serviço e fora dele deriva da velocidade da rajada $v(z)$ atuando sobre o ponto elevado mais alto considerado para as verificações.

Cargas de vento em serviço (durante a operação)

Para calcular de maneira conservadora a carga do vento durante a operação do guindaste, pode-se presumir que a velocidade da rajada determinada no ponto mais elevado v_i (máx. z) atue em toda a altura do guindaste e sua lança. Admitem-se cálculos precisos das forças dos ventos atuando sobre a lança em intervalos de elevação de 10 m.

As forças do vento atuando sobre o guindaste e seus componentes, assim como as respectivas pressões de impacto determinadas, serão combinadas com as demais cargas em serviço. A velocidade admissível do vento v_i (máx. z) será indicada nas tabelas de capacidade nominal e no manual de instrução.

Os valores de referência da área de vela e do coeficiente de arrasto usados para determinar o efeito do vento sobre a carga serão indicados; deve-se usar os seguintes valores mínimos:

- Área de vela por tonelada de carga içada: $A=1,0 \text{ m}^2/t$
- Coeficiente de arrasto: $c_w=1,2$

Assim, a área de vela efetiva torna-se $1,2 \text{ m}^2/t$.

As cargas de vento atuando sobre a carga suspensa devem ser calculadas com a área de vela efetiva à altura máxima do içamento. É necessário fazer uma confirmação especial em cada caso para cargas de içamento com grande "área de vela efetiva" ($A \cdot c_w > 1,2 \text{ m}^2/t$). Se o fabricante fornece tabelas de capacidade baseadas em outras suposições diferentes dos valores padrões, elas devem mencionar esta diferença.

Só é possível usar o guindaste com segurança na faixa das velocidades admissíveis do vento v_i (máx. z). Enquanto em serviço, a velocidade na elevação mais alta pode ser monitorada com um anemômetro. Para evitar qualquer perigo, devido principalmente a súbitas mudanças de velocidade ou direção do vento durante a passagem de frentes frias, convém observar os relatórios meteorológicos ao programar uma operação de içamento. O manual deve conter instruções adequadas para baixar o guindaste até uma posição segura.

Guindastes móveis costumam ser equipados com sistemas de lança que se pode baixar de maneira rápida e direta. Assim, pode-se reduzir em pouco tempo, p.ex. 5 minutos, os perigos de súbitas mudanças na velocidade do vento e aumento das rajadas em pontos elevados.

Cargas de vento fora de serviço (quando o guindaste não está em operação)

a) Ventos de tempestade fora de serviço

Para calcular as cargas de vento quando o guindaste não está trabalhando, pode-se supor uma velocidade média de referência, variável conforme a região. Determina-se a velocidade de referência do vento v_{ref} durante 10 min a 10 m acima do solo ou nível do mar.

O projeto é considerado seguro quando se calculam todas as verificações exigidas, incluindo o efeito das rajadas de 3 segundos em relação à elevação, com base em uma velocidade de referência (ver fórmulas no título Velocidades e pressões do vento acima e nos Anexos 1 e 2).

b) Velocidade limitadora do vento fora de serviço

Para calcular o efeito da carga de vento quando o guindaste não está em operação, deve-se considerar a velocidade das rajadas no ponto de maior elevação v_a (máx. z) (ver Anexos 1 e 2). Há de se verificar a segurança necessária para todas as configurações e/ou posições permitidas do guindaste. Admitem-se cálculos precisos das forças dos ventos atuando sobre a lança em tal configuração e/ou posição, p.ex. em intervalos de elevação de 10 m, para as respectivas velocidades de rajada (rajadas de 3 segundos).

As forças sobre o guindaste e seus componentes resultantes da pressão de impacto serão combinadas com os pesos mortos e, caso necessário, com outras influências geométricas (p.ex. superfícies desniveladas).

Um guindaste que esteja seguro com respeito ao efeito das velocidades do vento v_a (máx. z) baseado em seus limites específicos só deve permanecer nesta configuração e/ou posição até a velocidade de rajada derivada.

Serão prestadas informações no manual de instrução quanto às medidas a serem tomadas pelo guindasteiro visando manter o guindaste em condição segura, p.ex. baixando ou estendendo a lança no caso da v_a (máx. z) ser ultrapassada. O manual deve conter instruções sobre as providências adequadas para proteger o guindaste que esteja fora de serviço.

A segurança de um guindaste só é mantida dentro da faixa de velocidades admissíveis do vento v_a (máx. z) estando ele em serviço ou fora dele. Portanto, deve-se evitar passar do limite fora de serviço, incluindo a previsão do tempo ao planejar um içamento.

Anexo 1: Velocidade do vento como função da elevação

Tabela 1 — velocidade das rajadas de vento de 3 segundos como função da sua velocidade média conforme a escala Beaufort Scale e a elevação

Grau Beaufort	3	4	5 ^a	5 ^b	6	7 ^a	7 ^b	8	9	10
\bar{v} [m/s] ^b	5,4	7,9	10,1	10,7	13,8	14,3	17,1	20,7	24,4	28,4
z [m]	$v(z)$ [m/s]									
10	8	11	14	15	19	20	24	29	34	40
20	8	12	15	16	21	22	26	31	37	43
30	9	12	16	17	22	22	27	32	38	45
40	9	13	16	17	22	23	28	33	39	46
50	9	13	17	18	23	24	28	34	40	47
60	9	13	17	18	23	24	29	35	41	48
70	9	14	17	18	24	25	29	36	42	49
80	9	14	18	19	24	25	30	36	42	49
90	10	14	18	19	24	25	30	36	43	50
100	10	14	18	19	25	25	30	37	43	51
110	10	14	18	19	25	26	31	37	44	51
120	10	14	18	19	25	26	31	38	44	52
130	10	15	19	20	25	26	31	38	45	52
140	10	15	19	20	26	26	32	38	45	53
150	10	15	19	20	26	27	32	39	45	53
160	10	15	19	20	26	27	32	39	46	53
170	10	15	19	20	26	27	32	39	46	54
180	10	15	19	20	26	27	33	39	46	54
190	10	15	19	20	26	27	33	40	47	54
200	10	15	19	21	27	27	33	340	47	55

^a Vento em serviço:

1 leve	$\bar{v} = 10$ [m/s]	=>	for $z = 10$ [m]	=>	$q(z) = 125$ [N/m ²]
2 normal	$\bar{v} = 14$ [m/s]	=>	for $z = 10$ [m]	=>	$q(z) = 250$ [N/m ²]

^b Limite superior Beaufort

Legenda

\bar{v} [m/s]: Velocidade média do vento a 10 m de elevação (limite superior do grau Beaufort) durante um período de 10 minutos

z [m]: Elevação acima de solo nivelado.

$v(z)$ [m/s]: velocidade da rajada de 3 segundos agindo na elevação z e decisiva para os cálculos.

$q(z)$ [N/m²]: pressão de impacto quase estático agindo à elevação z e calculada com base em $v(z)$, ver Anexo 2.

Anexo 2: Pressão de impacto como função da elevação

Tabela 2 — Pressão de impacto quase estático como função da velocidade média do vento conforme a escala Beaufort e como função da elevação

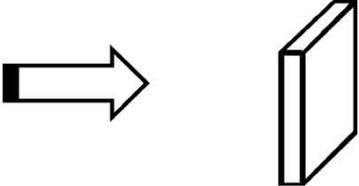
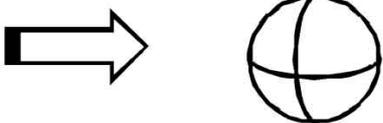
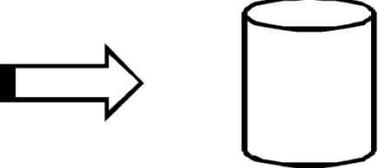
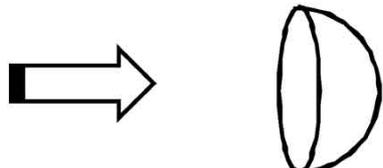
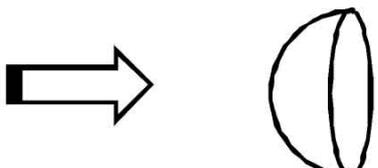
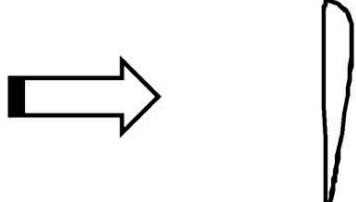
Grau Beaufort	3	4	5 ^a	5 ^b	6	7 ^a	7 ^b	8	9	10
v [m/s] ^b	5,4	7,9	10,1	10,7	13,8	14,3	17,1	20,7	24,4	28,4
z [m]	$q(z)$ [N/m ²]									
10	36	77	125	140	233	250	358	525	729	988
20	41	88	144	161	269	288	412	604	839	1137
30	45	96	156	176	292	313	448	657	913	1237
40	46	102	166	186	310	332	476	698	970	1314
50	50	107	174	196	325	348	499	732	1016	1377
60	52	111	181	203	338	362	519	761	1057	1431
70	54	115	187	210	349	374	536	786	1092	1480
80	55	117	193	216	360	385	552	809	1124	1523
90	57	121	198	222	369	395	566	830	1153	1562
100	58	124	202	227	377	404	579	849	1180	1598
110	59	126	206	232	385	413	591	867	1204	1632
120	60	129	210	236	393	421	603	883	1227	1663
130	61	131	214	240	400	428	613	899	1249	1692
140	62	133	218	244	406	435	623	914	1269	1720
150	63	135	221	248	412	442	633	928	1289	1746
160	64	137	224	251	418	448	642	941	1307	1771
170	65	139	227	255	424	454	651	953	1325	1795
180	66	141	230	258	429	460	659	966	1342	1818
190	67	142	233	261	434	465	667	977	1358	1839
200	67	144	235	264	439	471	675	988	1373	1860
^a	Vento em serviço:									
	-									
1 leve	$v = 10,1$ [m/s]		=>	for $z = 10$ [m]	=>	$q(z) = 125$ [N/m ²]				
	-									
2 normal	$v = 14,3$ [m/s]		=>	for $z = 10$ [m]	=>	$q(z) = 250$ [N/m ²]				
^b	Limite superior Beaufort									

Legenda

- \bar{v} [m/s]: Velocidade média do vento a 10 m de elevação (limite superior do grau Beaufort) durante um período de 10 minutos
- z [m]: Elevação acima de solo nivelado.
- $v(z)$ [m/s]: velocidade da rajada de 3 segundos agindo na elevação z e decisiva para os cálculos, ver Anexo 1.
- $q(z)$ [N/m²]: pressão de impacto quase estático agindo à elevação z e calculada com base em $v(z)$.

Anexo 3: Formas típicas

Tabela 3 — Tabela com formas típicas e valores de C_w correspondentes

Forma	Coeficiente de arrasto C_w	Comentário
	1,1 a 2,0	
	0,3 a 0,4	
	0,6 a 1,0	
	0,8 a 1,2	
	0,2 a 0,3	
	0,05 a 0,1	Pá de gerador eólico
	Aprox. 1,76	Pá de gerador eólico

Anexo 4: Valores Beaufort

Tabela 4 — Escala Beaufort

Velocidade do vento		Velocidade do vento (média de 10 minutos)		Efeito do vento maral
Escala Beaufort	Designação	m/s	km/h	
0	Calmo	0 a 0,2	1	Calmo, fumaça sobe na vertical.
1	Aragem	0,3 a 1,5	1 a 5	Fumaça indica a direção do vento, mas não os moinhos.
2	Brisa leve	1,6 a 3,3	6 a 11	Vento sentido no rosto, as folhas das árvores se movem, moinhos começam a trabalhar.
3	Brisa fraca	3,4 a 5,4	12 a 19	Folhas e ramos agitam-se, bandeiras se desfraldam.
4	Brisa moderada	5,5 a 7,9	20 a 28	Poeira e pequenos papéis levantados, movem-se os galhos das árvores.
5	Brisa forte	8,0 a 10,7	29 a 38	Movimentação de árvores pequenas. Formação de carneiros nos lagos.
6	Vento fresco	10,8 a 13,8	39 a 49	Movem-se os ramos das árvores, dificuldade em manter um guarda chuva aberto, assobio em fios de postes
7	Vento forte	13,9 a 17,1	50 a 61	Movem-se as árvores grandes, dificuldade em andar contra o vento.
8	Ventania	17,2 a 20,7	62 a 74	Quebram-se galhos de árvores, dificuldade em andar contra o vento.
9	Ventania forte	20,8 a 24,4	75 a 88	Danos em pequenas construções (fumeiros de chaminés e telhas arrancados).
10	Tempestade	24,5 a 28,4	89 a 102	Árvores arrancadas, danos estruturais em construções.
11	Tempestade violenta	28,5 a 32,6	103 a 117	Estragos generalizados em construções
12	Furacão	32,7 e acima	118 e acima	Grande devastação

Anexo 5: Tabela de capacidade

Tabela 5 — Exemplo de uma tabela de capacidade

	Guindaste com contrapeso de 56 t								
	Base do estabilizador - compr. 18 m - largura 18 m								
	Lança principal - compr. fixo em m								
	35.33	35 33	35.33	40.15	40.15	40.15	44.98	44.98	44.98
Seç. telesc. I	0.44	0.00	0.00	0.88	0.44	0.00	0.88	0.44	0.00
Seç. telesc. II	0.44	0.44	0.00	0.44	0.44	0.44	0.88	0.44	0.88
Seç. telesc. III	0.44	0.44	0.88	0.44	0.44	0.88	0.44	0.88	0.88
Seç. telesc. IV	0.44	0.88	0.88	0.44	0.88	0.88	0.44	0.88	0.88
Faixa de giro	360°								
Raio em m	Capacidades de içamento em t								
6.0	112.0	106.0	88.5						
7.0	112.0	100.0	81.5	90.0	92.0	82.5			
8.0	112.0	94.0	76.0	90.0	92.0	77.5	74.0	74.0	72.0
9.0	112.0	87.5	70.5	90.0	90.0	73.0	74.0	73.5	69.0
10.0	112.0	81.5	65.0	89.0	85.5	69.0	74.0	70.0	65.0
11.0	112.0	77.5	61.0	84.0	81.5	64.5	73.5	67.0	61.0
12.0	112.0	73.5	57.5	79.0	77.0	60.5	70.5	64.0	57.5
13.0	112.0	69.0	54.0	74.5	73.5	57.5	67.0	61.0	54.5
14.0	107.0	65.0	50.0	70.5	70.5	54.5	63.5	58.0	51.5
15.0	102.0	62.0	48.0	67.0	67.0	51.5	60.5	55.5	48.5
16.0	94.0	59.5	45.5	63.5	63.5	49.0	57.5	52.5	45.5
18.0	81.5	54.0	41.0	57.0	59.0	45.0	51.5	48.5	41.5
20.0	71.5	49.5	37.0	52.0	54.5	41.0	47.0	44.5	37.5
22.0	63.5	46.0	34.5	47.0	49.5	37.0	42.5	41.0	34.5
24.0	57.0	42.5	31.5	43.5	47.0	35.0	39.0	38.5	32.0
26.0	51.5	39.0	28.5	40.0	44.0	32.5	35.5	35.5	29.5
28.0	46.5	37.0	27.0	37.0	41.5	30.5	33.0	33.0	27.0
30.0	42.5	35.0	25.0	34.0	38.5	28.0	30.5	31.5	25.5
32.0	34.0	33.0	23.5	31.5	37.0	26.5	28.5	29.5	23.5
34.0				29.5	35.0	25.0	27.0	28.0	22.0
36.0				27.5	33.5	23.5	25.0	26.0	20.5
38.0				23.5	25.0	19.2	23.5	25.0	19.2
40.0							21.5	23.5	18.2
Código RCL	1350								
Máx. permitido	12 m/s								
veloc. vento	9 m/s	11 m/s	12 m/s	10 m/s	8 m/s	12 m/s	10 m/s	11 m/s	

Bibliografia

- [1] N0129 FEM/ ESTA Press Release – Mobile Cranes – Influence of wind forces during crane operation – Frankfurt 12th April 2010
- [2] Influence of wind on crane operation, 2nd release 2011, Liebherr Werk Ehingen GmbH
- [3] European Standard EN 13000:2010 Cranes – Mobile Cranes, including preliminary work of CEN TC 147 WG11 for the next amendment.
- [4] 2006/42/EC – Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast)
OJ No L 157, 9 June 2006

Referências

Estabelecidas pelo Comitê Técnico do Grupo de Produtos Guindastes e Equipamentos de Içar da Fédération Européenne de la Manutention (FEM)

Secretariado: **Secretariat of FEM Product Group Cranes and Lifting Equipment**
c/o VDMA
Materials Handling and Logistic Technology Association
Lyoner Str. 18
D-60528 Frankfurt

Disponível no servidor web da FEM (Publishing House): <http://fem.vdma-verlag.de>

Associações Membro da FEM:

Bélgica, AGORIA

Finlândia, Technology Industries of Finland

França, CISMA

Alemanha, VDMA

Itália, AISEM

Luxemburgo, Industrie Luxembourgeois de la Technologie du Métalp. a. FEDIL

Holanda, ME-CWM

Portugal, ANEMM

Espanha, FEM-AEM - E.T.S.E.I.B

Suíça, SWISSMEM

Suécia, TEKNIKFÖRETAGEN

Turquia, ISDER

Reino Unido, BMHF

Para mais informações sobre a FEM, visite o nosso website:

<http://www.fem-eur.com>