

ANÁLISE DO PERFIL VENTO VERTICAL: COMPARAÇÃO ENTRE MEDIÇÕES *OFFSHORE* COM LiDAR FIXO E FLUTUANTE

Matheus Lara Rippel – matheusrippel@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia

Guilherme Severo Zandomeneghi – gs_zan@hotmail.com

Universidade Federal do Pampa

Adriane Prisco Petry – adrianep@mecanica.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia

Resumo. A indústria eólica busca cada vez mais realizar estudos de viabilidade de projetos eólicos no oceano (*offshore*), trazendo uma série de novos fatores relacionados à aquisição de dados meteorológicos. O sistema LiDAR flutuante foi desenvolvido para atender a demanda das medições em locais remotos. A obtenção desses dados tem uma complexidade muito maior quando comparada aos sistemas fixos devido ao impacto do movimento do equipamento de medição, principalmente em função das ondas durante as medições, entre outros fatores. Considerando esta complexidade, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de analisar o perfil diurno do vento *offshore* comparando medições obtidas, em períodos de diferentes condições atmosféricas, por um sistema LiDAR fixo e um LiDAR flutuante instalados lado a lado. Os sistemas localizados 150m um do outro, medindo em 9 alturas diferentes, de 20m a 250m acima do nível médio do mar (AMSL). Ao comparar a variabilidade da velocidade do vento para todas as alturas no período completo de dados, os perfis verticais de vento diferem em cerca de 8% entre o sistema flutuante e o sistema de medição fixo. O mesmo aconteceu com a média de velocidade do vento esperada para ser uniforme, mas apresentando valores maiores para o sistema flutuante. Os impactos do movimento no FLS (Sistema de LiDAR Flutuante) foram minimizados, calculando a média da velocidade do vento a cada 10 minutos; por isso, se defende que a diferença entre os sistemas não está relacionada ao movimento. Existem condições de medição diferentes entre os dois sistemas, por exemplo a localização dos equipamentos pode estar relacionada a diferença na taxa de recuperação de dados, que foi 10% menor para o sistema fixo, quando comparada a taxa do sistema flutuante.

Palavras-chave: LiDAR Flutuante; *Offshore*; Perfil diurno de vento.

1. INTRODUÇÃO

A energia eólica *offshore* tem sido apontada como uma opção cada vez mais viável para geração de energia renovável, impulsionada por protocolos internacionais em todo o mundo, como o de Kyoto (U.N., 1998), o Acordo de Paris em 2015 (U.N., 2015), e protocolos regionais como o quadro europeu de clima e energia - 2030, o qual tenta mitigar os efeitos adversos do clima (Diaz e Guedes Soares, 2004). Devido a isso, é esperado um contínuo crescimento de instalações *offshore*, uma vez que a tecnologia e o conhecimento estão sendo aprimorados a cada ano. Juntamente com o avanço tecnológico os custos desse tipo de projeto tendem a diminuir, tornando-se assim uma fonte de energia lucrativa e benéfica (GWEC, 2021). Muitas empresas buscam realizar estudos de viabilidade para projetos eólicos no oceano, trazendo uma série de novos fatores relacionados à aquisição de dados meteorológicos.

Sistemas de LiDAR (*Light Detection and Ranging*) flutuantes (FLS) (Figura 1) ou em plataformas (Figura 2) são uma das soluções para possibilitar medições em locais remotos e de difícil acesso, atendendo os requerimentos técnicos da indústria. A obtenção de dados desses sistemas ocorre por meio da emissão de sinais de lasers, que refletem em micro partículas presentes na atmosfera e retornam para o sistema de medição, sendo por sua vez decodificados em velocidade, direção e turbulência do vento. O LiDAR também possui sensores extras para a aquisição de dados atmosféricos como temperatura, pressão, humidade e oscilação da boia (no caso do sistema flutuante). As medições realizadas com FLS possuem uma complexidade muito maior quando comparado com sistemas fixos; o impacto das oscilações causadas pelas ondas durante as medições é uma das interferências que está sendo estudada frequentemente podendo resultar em uma variação de resultados em comparação com uma medição fixa de referência (Kelberlau, 2020).

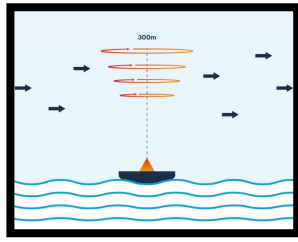


Figura 1 – Medição de vento offshore isolada flutuante (ZX LIDAR, 2021).

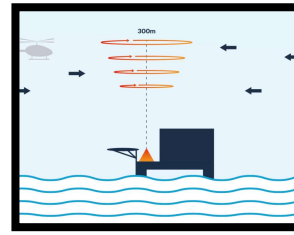


Figura 2- Medição de vento offshore em plataforma (ZX LIDAR, 2021)

De acordo com IRENA (2021), a energia eólica é uma das tecnologias de energia renovável de mais rápido crescimento. A capacidade instalada de geração eólica onshore e offshore aumentou em todo o mundo, saltando de 7,5 gigawatts (GW) em 1997 para cerca de 564 GW em 2018, acrescentando que o mundo possui ventos fortes em muitos lugares diferentes, no entanto, muitas vezes a geração de energia eólica se localiza em locais remotos, e a energia eólica offshore oferece um potencial considerável para exploração (IRENA, 2021).

O GWEC - *Global Wind Report 2021* publicado em março de 2021 juntamente com o relatório IRENA, 2021, apresentou os dados atualizados e precisos em termos de capacidade mundial de parques eólicos onshore e offshore instalados no últimos 20 anos. Zeng Zhao, Chefe de Estratégia e Inteligência de Marketing da GWEC, considerou 2020 como o melhor ano da história para a indústria eólica global, com mais de 93 GW instalados em um ano particularmente desafiador, com capacidade eólica cumulativa global de 733 GW. Em 2020, foram instalados cerca de 105 GW onshore, um aumento de mais de 60% em relação ao ano anterior. Falando sobre o mercado offshore, 6 GW foram comissionados mundialmente em 2020, tornando-o o segundo melhor ano de todos os tempos conforme Figura 3 (GWEC; IRENA, 2021).

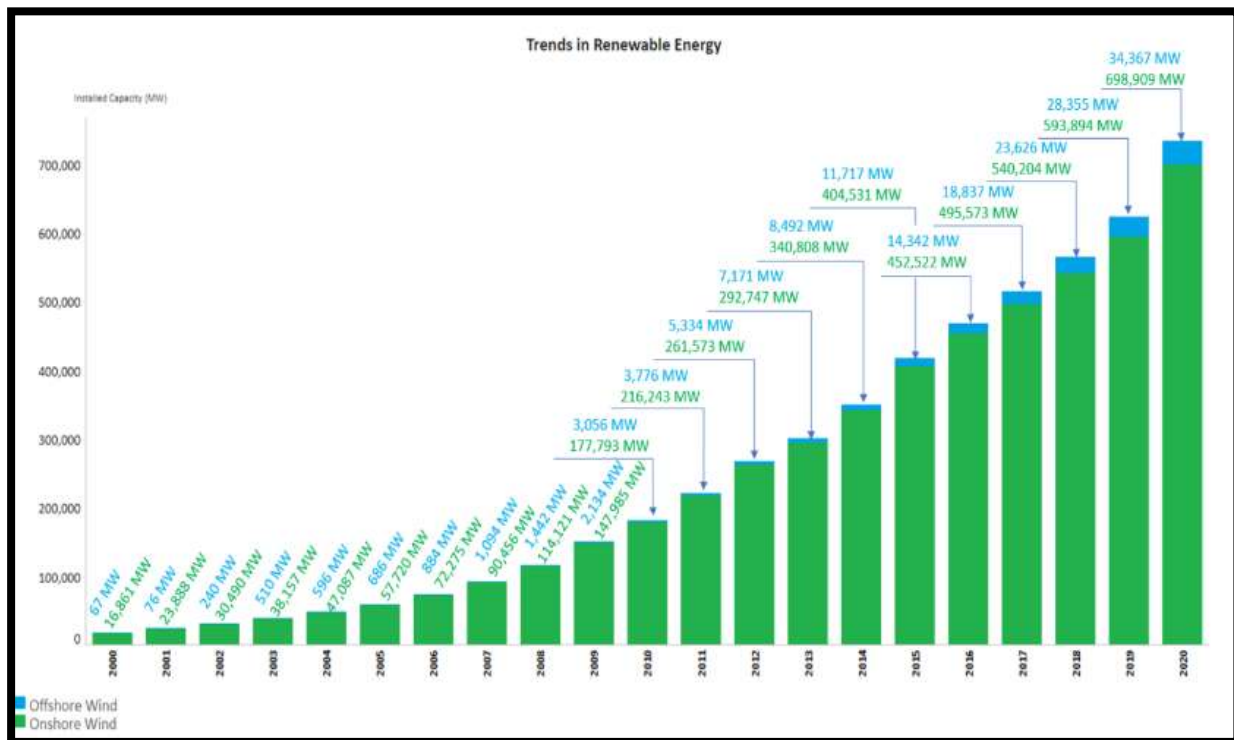


Figura 3- Capacidade instalada de projetos eólicos onshore e offshore no mundo (adaptado de IRENA, 2021)

Como é possível perceber a capacidade instalada de projetos offshore têm aumentado constantemente e nos últimos anos mais rapidamente do que projetos em terra. Observando esses projetos com um futuro promissor, o presente trabalho visa estudar os perfis verticais e diurnos de vento entre duas medições LiDAR *offshore*, sendo um sistema fixo e um flutuante, melhorando a compreensão das limitações e qualidades dos sistemas flutuantes, comumente utilizados em projetos offshore, e quantificar os possíveis impactos no desenvolvimento de projetos eólicos offshore.

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado em parceria com a RPS *Australia West Pty Ltd* ('RPS'). A empresa forneceu os dados brutos de um local usado para avaliar a eficácia da nova bóia utilizada para as medições flutuantes, RPS Lidar 4.5 *Buoy*, construído no primeiro semestre de 2019. A bóia foi projetada para ser implantada no oceano por longos períodos, medindo os parâmetros do vento em várias alturas usando uma unidade ZX300M Lidar. O sistema foi utilizado em várias

fases de verificação, sendo aprovado em todos os requisitos. O período de dados recebido e utilizado para os testes foi de um mês e meio, constituído por um sistema flutuante e um sistema fixo os quais são apresentados na Figura 4, servindo de base deste trabalho. A metodologia foi fundamentada em duas publicações, *IEA Wind TCP RP 18. Floating Lidar Systems* juntamente com *The Carbon Trust Offshore Wind Accelerator Roadmap Commercialization of Floating LiDAR Technology* (Bischoff, 2017; The Carbon Trust, 2018).



Figura 4 - *Floating LiDAR System* instalado na bóia *RPS Lidar 4.5 Buoy* (RPS, 2021).

A bóia foi instalada na costa de *Perth*, Austrália Ocidental, em setembro de 2019. O sistema fixo usado como referência de dados foi um segundo ZX300M Lidar 300M, montado em um farol de navegação *offshore*, localizado a 150 m da bóia que pode ser visto no lado direito da Figura 4. O uso de um LiDAR fixo como sistema de medição de referência, ao contrário da abordagem padrão utilizando anemômetros de copo montados em um mastro meteorológico está de acordo com as normativas publicadas pelo *The Carbon Trust* [The Carbon Trust, 2018].

A bóia RPS Lidar 4.5 estava localizada a aproximadamente 3 km da costa com profundidade local de 15 metros MSL e a altura da janela de medição do LiDAR flutuante é de 3,3 metros AMSL enquanto no sistema fixo de referência 9,3 metros AMSL.

O sistema foi constituído por dois ZX300M Lidars, SN874 (Bóia) e SN873 (Plataforma) para a obtenção das medições. A calibração e aceitação de fábrica de ambas as unidades ZX300M Lidar foi realizada em Ledbury, Reino Unido, em março de 2019. O sistema Lidar SN874 foi incorporado à bóia, içado e rebocado para o local de instalação em 05 de Setembro de 2019, medindo e registrando dados até a desmobilização em 21/10/19. O segundo instrumento, a referência (Plataforma) LiDAR SN873, foi instalado no farol de navegação Centaur a aproximadamente 150m do local da bóia em 28/08/2019 (West Wind, 2020).

2.1 Detalhes das Medições

Os dois ZX300M (Bóia e Plataforma) foram programados para medir dez alturas diferentes acima do nível médio do mar (AMSL). O LiDAR instalado na bóia possui a janela de emissão dos laser posicionado a 3,3 m AMSL. Enquanto o LiDAR da plataforma possui a janela de emissão a 9,3 m AMSL, devido a essa diferença de 6 metros e para coincidir com as mesmas alturas de medições entre os dois instrumentos, foi adicionado esses 6 metros no sistema flutuante coincidindo assim com o Lidar de referência. O intervalo das alturas de medição ficou sendo: 20, 60, 80, 100, 120, 150, 180, 210 e 250 metros AMSL em ambos os sistemas de medição. A amplitude média das marés no local é cerca de 1 m, e as variações nos níveis de água são convencionalmente ignoradas ao definir as alturas de medição no LiDAR's (West Wind, 2020).

Kelberlau (2020) descreve que a unidade ZX300M possui um software interno que reconstrói os dados medidos em vetores de vento. Um exemplo de nome de arquivo gerado pela unidade é "Wind_#@Y20aa_Mmm_Ddd.ZPH", arquivos de 1 Hz onde # indica o código da unidade, aa, mm e dd, indica o ano, mês e dia respectivamente, sendo possível criar uma média de dez minutos caso necessário, o que foi realizado neste trabalho. Estes dois arquivos de saídas contêm todas as informações de medição e os dados necessários para a análise, contudo, ainda é necessário ter acesso a um software específico desenvolvido exclusivamente para o ZX LIDAR possibilitando assim a leitura dos dados internos. O software se chama "Waltz v4.7 build 09" e reconstrói os espectros Doppler de toda a linha de visão do LiDAR. Os arquivos podem então ser renomeados ao passar por este processo, convertendo os dados em um arquivo ".CSV" legível em qualquer computador.

As informações de movimento ondulatórios da unidade flutuante são obtidas em um dispositivo separado do LiDAR, chamado de *Movement Reference Unit* (MRU) e diferente das medições, esse sistema salva as informações de movimento em um arquivo diário, do tipo separado por vírgulas, que é de leitura simples, não sendo necessário nenhum tratamento. No entanto, a periodicidade dos dados teve de ser convertida de segundos, para uma média de dez minutos para todo o período, sendo 144 valores por dia e um total de 6,336 valores referentes aos movimentos ondulatórios ficando dessa forma no mesmo formato dos dados medidos pelos LiDARs. O movimento considerado foi a amplitude da onda, determinando quais os períodos temporais que sofreram maior variação ou movimento.

2.2 Ajustes de Horário

O software Windographer, versão 4.2.20 (UL, 2020) foi utilizado para trabalhar com todos os dados deste estudo. Ao abrir os dados de medição de cada unidade separadamente (LiDAR Flutuante, LiDAR fixo e MRU) é necessário

ajustar o registro de data e hora para que os sistemas correspondam à mesma média de dez minutos. O local estudado está localizado no fuso horário de Myanmar, Universal Time Coordinate (UTC) +6: 30h do fuso horário de Greenwich.

É possível verificar que os dados não estão ajustados à zona UTC observando a medição de temperatura em um perfil diurno. A Figura 1- (A) apresenta a temperatura diurna para ambas as medições sendo máxima às 5h30, o que está incorreto devido ao curto tempo de exposição solar. Devido a isso, é necessário configurar a zona UTC correta para as medições. A Figura 1 (B) apresenta o resultado após a correção, é essencial destacar que esta alteração se aplica a todos os sensores e dados medidos (Larsen, 2013).

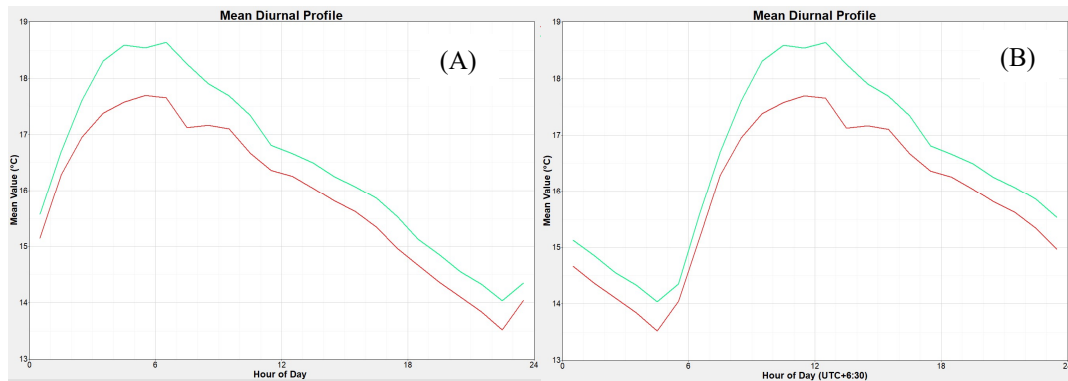


Figura 1 - (A) Temperatura em perfil diário ao abrir os dados brutos; (B) Temperatura em perfil diário após a aplicação da correção UTC. A linha verde representa o LiDAR Bóia e a linha vermelha as medições de referência do LiDAR Fixo.

2.3 Análise das ondas e pressão para definição de períodos de estudo

A Figura 2 apresenta a amplitude das oscilação de onda em vermelho, verificando o comportamento da bóia durante os 44 dias. O primeiro pico mais significativo de onda aconteceu entre 13 e 14 de setembro; enquanto o segundo pico em 18 de setembro; e a maior oscilação verificada em todos os dados estudados ocorreu no dia de 4 de outubro, atingindo quase 1,60 cm de amplitude.

As características atmosféricas foram levadas em consideração na escolha dos períodos de estudo. A comparação das condições de pressão versus onda tem um grande valor para definir algumas mudanças atmosféricas durante o período de medição que podem ser observados na **Figura 2** - Comparação do comportamento da pressão durante o mesmo tempo da variação da onda. Os valores do perfil de onda são mostrados no eixo do lado direito; Os valores de pressão são apresentados no eixo esquerdo. Seleções azul (A); Verde (B); e Laranja (C) representam os períodos específicos definidos devido a diferentes condições atmosféricas. Figura 2. A temperatura registrada em ambas os sistemas não apresentou variação e foi desconsiderada neste artigo. Ao final, três períodos de estudo foram definidos devido aos diferentes comportamentos atmosféricos.

- Período A – 12 de Setembro de 2019 até 20 de Setembro de 2019.
- Período B – 2 de Outubro de 2019 até 5 de Outubro de 2019.
- Período C – 11 de Outubro de 2019 até 16 de Outubro de 2019.

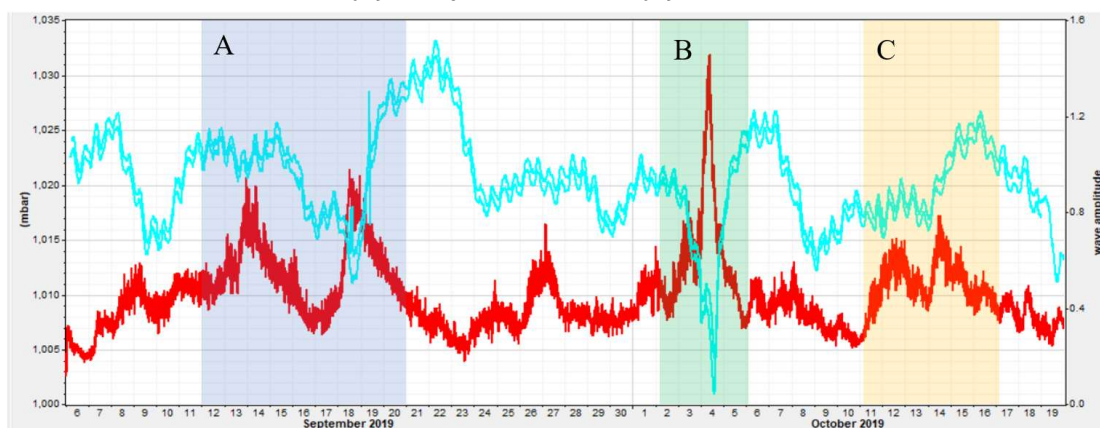


Figura 2 - Comparação do comportamento da pressão durante o mesmo tempo da variação da onda. Os valores do perfil de onda são mostrados no eixo do lado direito; Os valores de pressão são apresentados no eixo esquerdo. Seleções azul (A); Verde (B); e Laranja (C) representam os períodos específicos definidos devido a diferentes condições atmosféricas.

2.4 Limpeza e Filtragem de Dados

A empresa ZX LiDAR fabricante dos LiDARS utilizados no trabalho recomenda definir a configuração do software interno para sinalizar os dados de acordo com a taxa de qualidade, como nevoeiro ou precipitação, dependendo das

condições meteorológicas para o período correspondente. Os dados são sinalizados quando a taxa de recuperação está abaixo de 85% do período de medição (por segundo para cada altura de medição separadamente). O processo de filtragem de dados interno indica o valor da medição como "9999" quando os lasers são bloqueados, e não fornecem valores confiáveis e como "9998" quando a condição do tempo é nebulosa.

Os valores sinalizados precisam ser filtrados dos dados brutos para podermos prosseguir com qualquer análise. Não foi encontrado nenhum outro sinal de erro ou problema nos dados medidos, manutenções e desligamento dos sistemas também não foram conduzidos; sendo assim, os únicos filtros aplicados aos dados foram os de névoa interna e os valores de precipitação removidos dos dados observados. É válido ressaltar que a filtragem é mais comum em alturas mais altas devido ao retorno do laser ter mais dificuldade ao chegar a 250m quando o tempo está muito nublado ou chuvoso.

O total de dados utilizados no estudo é separado em quatro grupos, partindo de todo o período de 6 de setembro de 2019 a 19 de outubro de 2019, totalizando 44 dias (6336 valores de dez minutos). Após a limpeza dos dados, os dados válidos do LiDAR fixo foram próximos a 39 dias completos para as alturas mais altas, e do LiDAR da bóia 43 dias, números apresentados na Figura 3 e Figura 4.

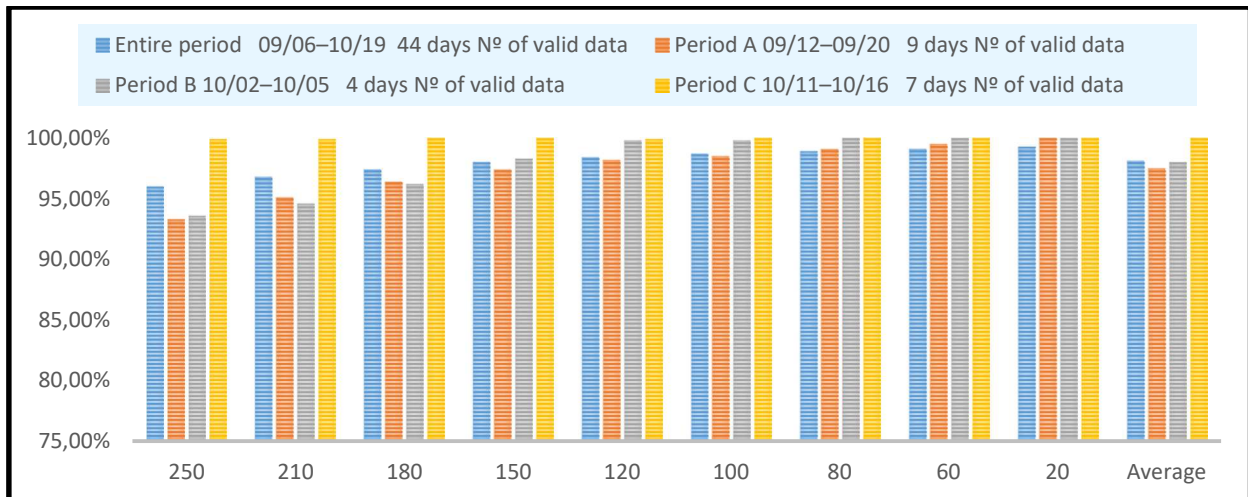


Figura 3 – Gráfico comparativo entre os Períodos A, B, C e período completo para as medições do LiDAR flutuante em % de dados válidos

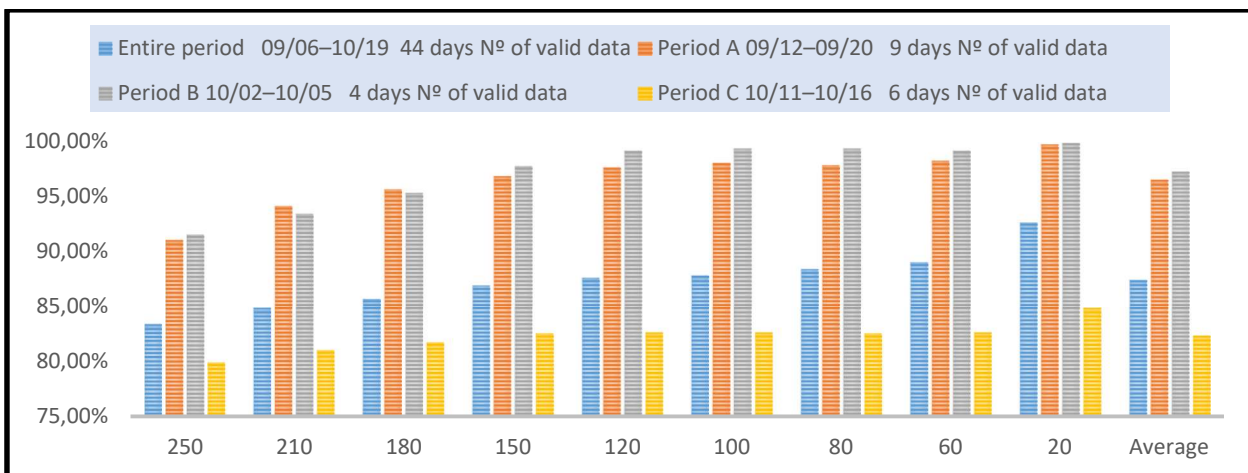


Figura 4 – Gráfico comparativo entre os Períodos A, B, C e período completo para as medições do LiDAR fixo em % de dados válidos

3. RESULTADOS

3.1 Period A – 12 de Setembro de 2019 até 20 de Setembro de 2019.

O Período com intervalo mais extenso, desconsiderando o período completo, é o A, com nove dias de análise. O processo de filtragem de dados nos mostra a diferença entre as medidas e alturas de cada um dos sistemas. LiDARs comumente têm alturas mais altas impactadas devido a dificuldade do laser em retornar corretamente ao sistema, A diferença média de dados validos entre os dois LiDARs foi de exatos 1%, sendo mais dados filtrados no sistema fixo do que no FLS.

A Figura 5 apresenta a variação do expoente potencial do perfil vertical de vento durante as horas do dia para o respectivo período, em verde o FLS e em vermelho o LiDAR fixo, representando a variação horária média do perfil do vento. Os picos noturnos, são comumente encontrados em atmosferas estáveis, e as quedas durante o dia, relacionadas a

uma atmosfera instável, o que caracterizam um comportamento diurno correspondente a perfis offshore possível de ser observado na Figura 5. São verificadas apenas algumas variações entre os dois sistemas, estando presentes próximo à hora do nascer do sol (por volta das 6h) com um valor médio 0,06 menor no perfil vertical da medida fixa, podendo estar relacionada aos dados filtrados ou diferença de dados válidos.

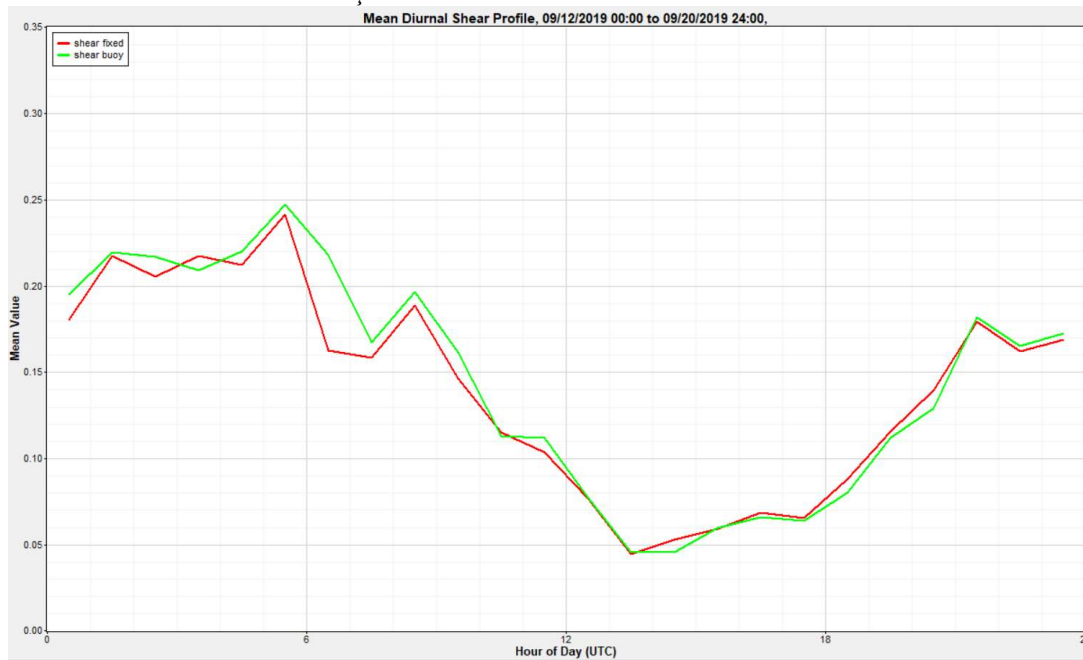


Figura 5 – Exponente vertical do perfil vertical de vento em médias horárias para o período A. FLS apresentado em verde e sistema fixo em vermelho.

3.2 Period B – 2 de Outubro de 2019 até 5 de Outubro de 2019.

O período B apresenta os maiores valores de velocidade do vento e maiores ondas, isso tudo em 4 dias. A velocidade máxima do vento medida no Pylon LiDAR e Buoy (FLS) para dados médios de dez minutos mostrou valores semelhantes, chegando a 27 m/s na manhã do dia 4 de Outubro.

A filtragem dos dados desse período mostra uma diferença menor que o período anterior quando comparado os dois sistemas, sendo 0,8% maior para o FLS em termos de dados válidos. As medições mais baixas são novamente quase completas; entretanto, ao analisar as alturas mais próximas de 250m, mais dados foram filtrados ou não registrados em uma grandeza de 7%. O LiDAR fixo foi novamente mais impactado.

A Figura 6 apresenta a variação do expoente potencial do perfil vertical de vento durante as horas do dia para o período B, estando em verde o FLS e em vermelho o LiDAR fixo. A volatilidade no exponencial do perfil vertical durante o dia é notória para o Período B, picos e vales são observadas durante o dia, atípicos para locais offshore, resultado que correlaciona com os altos valores de velocidade do vento e volatilidade de pressão apresentados, uma queda abrupta no dia 4, e altas ondas, fatores que estão relacionados com uma tempestade que ocorreu no local durante as medições.

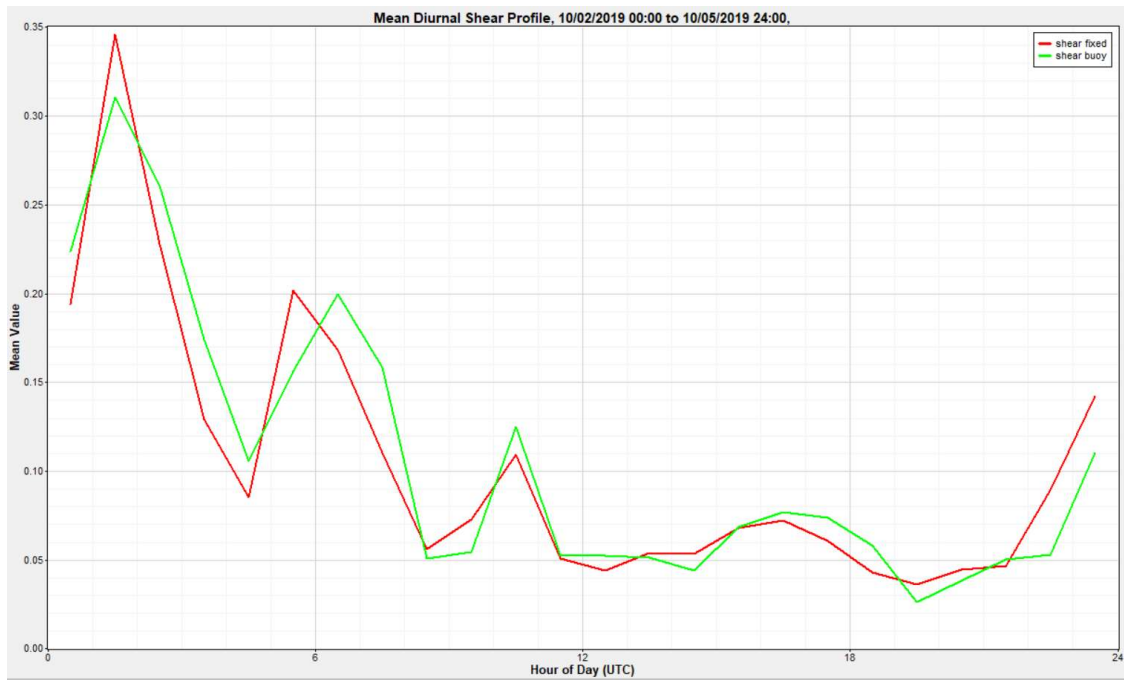


Figura 6 – Exponente vertical do perfil vertical de vento em médias horárias para o período B. FLS apresentado em verde e sistema fixo em vermelho.

3.3 Period C – 11 de Outubro de 2019 até 16 de Outubro de 2019.

Com seis dias de análise, o Período C apresenta menor variação na verificação das ondas e pressão, possuindo o mesmo processo de limpeza e filtragem dos dados que os períodos anteriores. Mesmo com um mesmo processo de filtragem e uma taxa de dados válidos de 100% para o FLS a diferença entre os sistemas foi grande para este período, sendo de 17,7% menor no sistema fixo. O LiDAR fixo funcionou perfeitamente durante todo o período, apresentando um número maior de dados inválidos registrados como precipitação ou nebulosidade, um fator importante relatado foi a observação in situ sobre a presença de aves utilizando a plataforma como base para pesca ou descanso.

Durante este período o sistema fixo apresentou mais dados filtrados internamente do que o sistema de bóia, provavelmente devido aos pássaros acabarem cobrindo a janela de emissão do laser quando ao voar sobre a mesma ou pelos seus excrementos, o mesmo não se verifica no lidar flutuante muito provavelmente devido ao movimento das ondas e aos pequenos aerogeradores instaladas na parte superior da bóia como sistema de produção de energia, o que impedem ou dificultam o pouso no FLS. Figura 7 apresenta a variação do expoente potencial do perfil vertical de vento durante as horas do dia para o período C, novamente em verde o FLS e em vermelho o LiDAR fixo, representando a variação horária média do perfil do vento. Neste período se verifica um perfil médio diário mais constante, com um ligeiro pico durante a noite e durante o dia novamente relativamente constante, o que apresenta uma atmosfera relativamente estável.

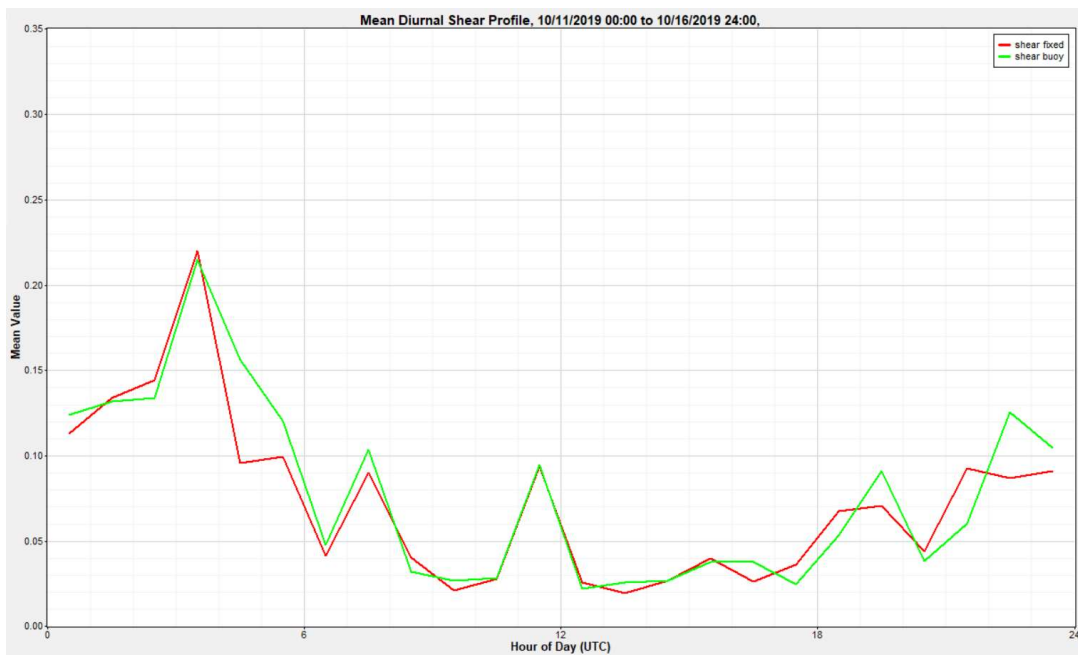


Figura 7 – Exponente vertical do perfil vertical de vento em médias horárias para o período C. FLS apresentado em verde e sistema fixo em vermelho.

3.4 Período Completo – 6 de Setembro de 2019 até 19 de Outubro de 2019.

Todo o período consiste em quarenta e quatro dias de análise, incluindo todos os dias analisados e anteriormente apresentados neste capítulo. A filtragem foi feita em todos os dados antes da pesquisa específica para manter a uniformidade entre todo o estudo. A diferença absoluta nos dados para o estudo é cerca de 10% a mais na taxa de recuperação de dados para o sistema flutuante. Ambos os LiDARs foram medidos sem interrupção durante o período estudado; o único fato declarado que torna os sistemas ligeiramente diferentes é a altura de ambos e o fato da bóia estar em constante movimento. O LiDAR fixo está localizado a 9,3 m AMSL enquanto a bóia está a 3,3 m AMSL. Conforme relatado no Período C foi observado in situ a presença de aves utilizando a plataforma como base para pesca ou descanso.

O sistema fixo sinalizou internamente mais dados filtrados do que o sistema de bóia, provavelmente devido ao bloqueio dos laser quando os pássaros se localizam sobre o LiDAR e cobrem a janela de emissão do laser, os excrementos também são um fator de impacto nesse quesito, o mesmo não se verifica no lidar flutuante muito provavelmente devido ao movimento das ondas e aos pequenos aerogeradores instaladas na parte superior da bóia como sistema de produção de energia, o que impedem ou dificultam o pouso no FLS.

Figura 8 apresenta a variação do expoente potencial do perfil vertical de vento durante as horas do dia para o período completo, novamente em verde o FLS e em vermelho o LiDAR fixo, representando a variação horária média do perfil do vento. Os resultados são notavelmente semelhantes ao período A, tendo os picos durante a noite, referentes a uma atmosfera estável, e as quedas durante o dia, relacionadas a uma atmosfera instável, o que caracteriza um comportamento diurno usual de offshore. Também é interessante observar que o perfil vertical do vento próximo à hora do nascer do sol (por volta das 6h) é o que apresenta os valores mais variáveis. Com a maior discrepância entre as duas medidas, o resto do dia apresenta um padrão ligeiramente diferente, considerado irrelevante nesta análise.

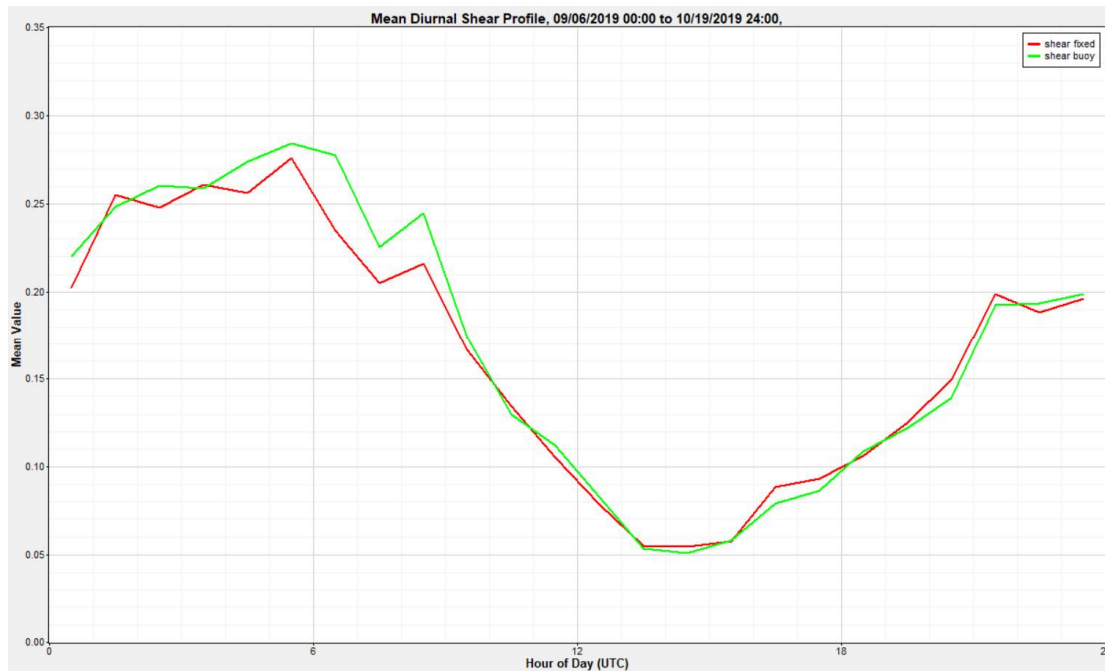


Figura 8 – Exponente vertical do perfil vertical de vento em médias horárias para o período completo. FLS apresentado em verde e sistema fixo em vermelho.

3.5 Incertezas

O estudo foi feito utilizando um período de 1 mês e meio de dados, sendo suficiente para analisar e comparar os dados de medição obtidos nas duas unidades, porém, verificou-se uma diferença na taxa de recuperação de dados. Um período maior de dados possibilitaria que a análise fosse feita apenas comparando as medições onde os dados estão disponíveis em ambos os sistemas para todas as alturas.

O trabalho está considerando um perfil de vento vertical para um período menor que uma estação do ano o que pode resultar em uma análise sazonal. Dados de períodos mais longos esclareceriam o comportamento do perfil de vento durante todas as estações. O LiDAR flutuante move-se continuamente e inclina a plataforma; isso causará um impacto na variação da geometria de varredura dos feixes de laser emitidos e na alteração das elevações de medição. A variação da geometria de varredura ocorrerá devido às diferenças horizontais dos feixes de laser, considerando esses feixes como um cone. Ele aumentará um lado enquanto diminui o lado oposto, o que pode causar uma diferença na reconstrução horizontal dos dados. Os movimentos da bóia impactarão diretamente a elevação instantânea da medição, alterando a altura de análise ao trabalhar com uma média de dez minutos; este impacto é relativamente reduzido [Kelberlau, 2020].

4. CONCLUSÃO

Com base nas atuais práticas mundiais de desenvolvimento de projetos eólicos, o objetivo deste trabalho foi analisar o perfil do vento offshore, comparando um período geral com condições atmosféricas adversas. Dois sistemas LiDAR foram instalados a 150m um do outro, sendo um Flutuante e o outro instalado em uma Plataforma Fixa. O LiDAR flutuante é influenciado por movimentos externos, mostrando a importância de se obter mais conhecimento sobre a campanha de medição offshore utilizando sistemas flutuantes.

O estudo foi dividido em três períodos distintos, analisando o perfil vertical diário quando em condições atmosféricas adversas. Devido a isso, o período A foi escolhido após a confirmação de uma variação significativa na amplitude e pressão da onda. O período B tem as ondas maiores associadas a velocidades mais altas do vento ao longo de todo o período de estudo. O período C, como o primeiro período, contém um aumento na pressão e nas ondas. A última análise foi de todo o período de disponibilização de dados, composto pelos três períodos mencionados anteriormente e os dias intermediários.

Os impactos do movimento do FLS foram minimizados, calculando a média da velocidade do vento a cada 10 minutos; por isso, defendemos que a diferença do sistema não está relacionada ao movimento. O mesmo não se aplica a outros dados coletados como intensidade de turbulência ou velocidades verticais do vento. No entanto, sendo o foco deste trabalho o perfil vertical diário, ambas as medidas possuem pouca diferença para o tempo de medição analisado. A diferença encontrada está fortemente relacionada à hipótese de que a presença de pássaros bloqueando os lasers impactando a taxa de recuperação no sistema fixo, não impactando a análise diária do perfil vertical deste trabalho. Considerando essa hipótese como correta, as medições flutuantes são um bom método a ser utilizado em áreas offshore

remotas e profundas quando o objetivo principal é obter dados base para a análise de um perfil vertical diário, contudo é importante ressaltar que estudos com um período maior de dados é fundamental para a confirmação desse estudo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) juntamente com RPS Australia West Pty Ltd ('RPS') empresa que forneceu acesso aos dados de medição assim como relatórios internos.

REFERÊNCIAS

- Bischoff, O.; Wuerth, I.; Gottschall, J.; Gribben, B.; Hughes, J.; Stein, D.; Verhoef, H., 2017. IEA Wind TCP RP 18. Floating Lidar Systems. Submitted to the Executive Committee of the International Energy Agency Implementing Agreement for Co-operation in the Research, Development, and Deployment of Wind Energy Systems.
- Diaz, H. and Guedes Soares, C. 2004. Review of the current status, technology and Future trends of the Offshore wind farms. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- GWEC., 2021. Global Wind Report 2021. Global Wind Energy Council.
- IRENA, 2021. Renewable Capacity Statistics 2021. Trends in Renewable Energy – 2021. Available at <https://public.tableau.com/views/IRENARETimeSeries/>. Acesso em Abril, 2021.
- Kelberlau, F.; Neshaug, V.; Lonseth, L.; Bracchi, T. and Mann, J., 2020. Taking the Motion out of Floating Lidar: Turbulence Intensity Estimates with a Continuous-Wave Wind Lidar. MDPI, Remote sensing.
- Larsen, S.E., 2013. The atmospheric Boundary Layer over Land and sea: Focus on the offshore Southern Baltic and Southern North Sea region. South Baltic-offshore, 1-36.
- RPS. , 2021 RPS Floating Lidar Buoy - 2021. Available at Metocean Science & Technology. Accessed in April.
- THE CARBON TRUST, 2018. Carbon Trust Offshore Wind Accelerator Roadmap for the commercial acceptance of RPS Lidar 4.5 Buoy technology. CTC819 Version 1.0. The Carbon Trust, United Kingdom.
- UL, 2020. Windographer Version 4.2.20. AWS Truepower, UL Company.
- U.N., 1998. Kyoto protocol to the United Nations framework Kyoto protocol to the United Nations framework. Rev. Eur. Community Int. Environ. Law 7, 214–217.
- U.N. Approval of the Paris agreement. Conv. Framew. Clim. Change 70371, 1–40, 2015.
- WEST WIND, 2020. Validation of Floating Lidar Measurements from RPS Buoy FLB-103. Internal, RPS Australia West Pty Ltd report.
- ZX LIDAR. Wind speed at light ZX300M. Product guide. Zephyr Ltd. 2021.

DIURNAL VERTICAL WIND PROFILE ANALYSE: COMPARISON BETWEEN FIXED AND FLOATING LIDAR MEASUREMENTS FOR WIND ENERGY APPLICATIONS

Abstract. *The wind power industry seeks to carry out feasibility studies for offshore wind power projects, bringing a series of new factors related to meteorological data acquisition. Floating LiDAR has been developed for measurements in remote locations to meet this demand. The data obtained has a much greater complexity when compared to fixed systems due to the impact of wave movement during measurements and other reasons. Due to this complexity, the present work was conducted with the objective to analyze the diurnal wind profile comparing, in an overall period and adverse atmospheric conditions, a fixed LiDAR system and a floating LiDAR installed side by side. The systems are located 150 meters from each other, measuring nine different heights, from 20 meters up to 250 meters above mean sea level (AMSL). When comparing the wind speed variability for all heights for the entire period of data, the vertical wind profiles differ about 8% between Buoy and Fixed LiDAR. The same happened with the wind speed average expected to be even but showing higher values for the Buoy. The FLS motion impacts were minimized averaging the wind speed every 10 minutes; due to this, it defended that the system's difference is not related to motion. The same does not apply to other collected data as turbulence intensity or vertical wind speeds. There are different measurement conditions between the two systems; for example, the height of the equipment that can be related to the difference in the data recovery rate, which was 10% lower for the fixed system compared to the floating system rate.*

Keywords: *Floating LiDAR; Offshore; Diurnal Wind Profile.*