

PROPOSTA DE APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS LEAN E ÁGIL NA CONSTRUÇÃO DE PARQUES EÓLICOS ONSHORE: UM ESTUDO DE CASO

Adriana Georgia Borges Soares¹, Johnny Wilky Medeiros da Silva², Mário Orestes Aguirre González³

1, 2, 3 - Departamento de Engenharia de Produção/ PEP/CRIAÇÃO/UFRN

Avenida Senador Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova, Natal - RN, Brasil

adriana.georgia@hotmail.com, jwmedeiros@gmail.com, mario@ct.ufrn.br

Resumo

O processo de construção de parques eólicos está despertando o interesse das partes interessadas devido ao seu constante crescimento. No entanto, a construção ainda enfrenta desafios como as incertezas do projeto, a necessidade por mão de obra qualificada, redução de custos, desafios técnicos e de engenharia e a pressão de investidores por prazo de construção do parque eólico. A busca pelo aumento da eficiência dos processos e o uso da tecnologia da informação para eficácia da comunicação, são algumas das soluções adotadas para lidar com estes desafios. À vista disso, este trabalho tem como objetivo propor a aplicação dos princípios *lean* e ágeis na construção de um parque eólico *onshore* apresentando seus benefícios por meio de estudo de caso em uma empresa referência em construção de usinas eólicas. As ferramentas propostas foram o *Daily meeting*, *burndown Charts*, quadro de *Kanban* para melhoria da comunicação da equipe do projeto, *software online* para promoção da agilidade, Mapeamento do fluxo de valor, para eliminação dos desperdícios na etapa de construção, 5s para o aumento da transparência entre processos, *First run studies* para melhoria contínua e *benchmark* para medição de desempenho.

Palavras-chave: Construção de Parques Eólicos; Eficiência; Flexibilidade; Lean; Ágil.

Abstract

The process of building wind farms is raising the interest of stakeholders because of their steady growth. However, construction still faces challenges such as project uncertainties, the need for skilled labor, cost reduction, technical and engineering challenges and investor pressure for the construction of the wind farm. The search for increased efficiency of processes and the use of information technology for effective communication are some of the solutions adopted to deal with these challenges. In view of this, this work aims to propose the application of lean and

agile principles in the construction of an onshore wind farm presenting its benefits through case study in a reference company in construction of wind farms. The proposed tools were the daily meeting, burndown Charts, Kanban framework for project team communication improvement, online software for agility promotion, value stream mapping, waste elimination at the construction stage, 5s for the increase of transparency between processes, First run studies for continuous improvement and benchmark for performance measurement.

Keywords: Construction of wind farms; Efficiency; Flexibility; Lean; Agile.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade a energia eólica representa uma tendência importante à medida que os países adotam tecnologias de energia renovável para diversificar sua matriz energética. A energia eólica é a fonte de energia que mais cresce no mundo e abastecerá a indústria, as empresas e as residências com eletricidade limpa e renovável por muitos anos.

No Brasil, além dos 14,71 GW de capacidade instalada, há outros 4,33 GW já contratados em construção ou projeto, o que significa que, ao final de 2024, serão pelo menos 19,04 GW considerando apenas contratos já viabilizados em leilões e com outorgas do mercado livre publicadas e contratos assinados até agora (ABEEÓLICA, 2019).

Desta forma, o processo de construção de parques eólicos está despertando o interesse dos *stakeholders* desta indústria, haja visto seu constante crescimento (ELOLA; PARRILLI, 2013). A construção de parques eólicos compreende a criação de acesso rodoviário, construção civil das bases das torres e da subestação, da fundação, a montagem de cabos de transmissão elétrica e a montagem de torres eólicas e de rotores. Ao se planejar essas etapas, os aspectos do local a ser instalado o parque eólico devem ser levados em consideração (GOUVEIA, 2013).

No entanto, a construção ainda enfrenta desafios como as incertezas do projeto, a necessidade por mão de obra qualificada, redução de custos, desafios técnicos e de engenharia e a pressão de investidores por prazo de construção do parque eólico. Além disso, caso uma decisão tomada nos estágios iniciais for impraticável ou simplesmente errada, todo o projeto do início ao fim sofrerá. Aplica-se a regra básica 20/80, em que 20% das decisões tomadas no início de um projeto afetarão 80% do resultado no final e vice-versa. Portanto, um grande esforço deve ser feito para delinear a estratégia do projeto (THOMSEN, 2014).

Neste sentido, a busca pelo aumento da eficiência das equipes para fazer mais com menos e a tecnologia da informação foram algumas das soluções adotadas para lidar com estes desafios (DELHOM, 2010; KERZNER, 2009). Para isso, a adoção da abordagem ágil na gestão de projetos torna-se um método eficiente na busca por vantagens competitivas, como o aumento

da qualidade, diminuição do tempo de entrega e dos riscos, ampliação da satisfação do cliente e flexibilidade. Isto associado a outras técnicas podem retornar resultados ainda mais satisfatórios.

A integração com outras técnicas pode ser observada em vários segmentos, como por exemplo o setor da construção civil, no qual a filosofia *lean* vem sendo aplicada desde os anos 1990 e conhecida como Construção Enxuta (*Lean Construction*). Segundo Ansah et al., (2016), o *Lean Construction* apresenta uma nova e robusta abordagem na solução de problemas existentes na indústria da construção. Sua utilização pode resultar na redução das perdas nas construções e nos impactos ambientais, melhoria no desempenho e colaborar com a redução de custos para a indústria.

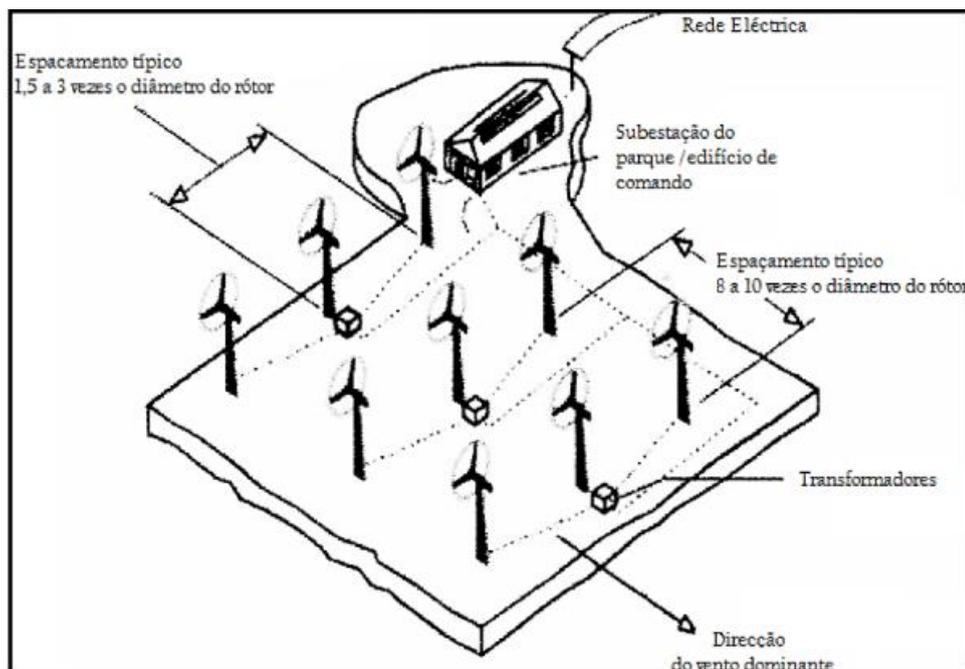
Perante a isso, a questão que deu origem a pesquisa foi: “Como seria a aplicação dos princípios *lean* e ágil na fase de construção de parques eólicos?”

Para responder a questão problema, este trabalho tem como objetivo propor a aplicação dos princípios *lean* e ágeis na construção de um parque eólico *onshore* apresentando seus benefícios, a partir de um estudo de caso em uma empresa referência em construção de usinas eólicas. O trabalho está estruturado em 7 seções. A seção 1 considerou a introdução. As seções 2 e 3 apresentam a fundamentação teórica dos temas: eólica *onshore*, construção civil de parques eólicos e princípios *lean* e ágeis aplicados na construção civil. A seção 4 descreve o método da pesquisa. A seção 5 o estudo de caso e a seção 6 a proposta de aplicação dos princípios *lean* e ágeis na construção de usinas eólicas *onshore* e a seção 7 as considerações finais.

2. ENERGIA EÓLICA *ONSHORE*

A geração de energia eólica utiliza os ventos como fonte primária. Este processo ocorre por meio de um aerogerador, também chamado de turbina eólica, que é caracterizado por possuir três pás (ou hélices) que fazem girar um eixo perpendicular às mesmas. Essa configuração é formada por uma torre, geralmente produzida por aço e concreto; um rotor, composto pelo conjunto do cubo e das pás; e a nacelle, constituída pelo gerador e sistemas de controle. O conjunto destes elementos são interligados por cabos de média tensão e cabos de comunicação ligados a uma subestação e a um edifício de comando, que se liga a uma rede elétrica de transporte, em um local denominado parque eólico ou usina eólica. A Figura 1 apresenta o desenho de um parque eólico (CGEE, 2012).

Figura 1- Principais elementos de um parque eólico



Fonte: Pinho, 2008.

2.1 Construção de parques eólicos *onshore*

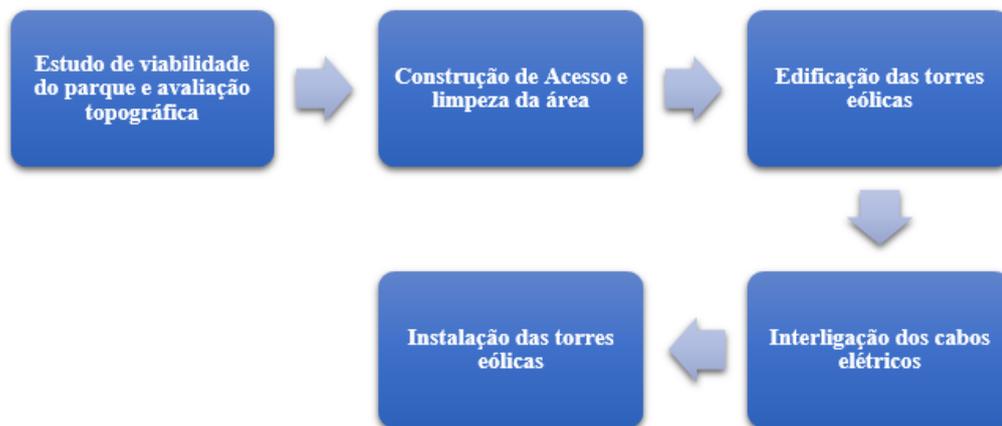
A etapa de construção compreende as atividades de engenharia responsáveis por erguer o parque, envolvendo grande número de profissionais e diferentes equipamentos. São várias as obras e implantações necessárias para entrega da usina para a equipe de operação, como por exemplo, infraestrutura de base (vias de acesso internas e externas), construção civil, concretagem das bases dos aerogeradores, obras elétricas, e a montagem dos aerogeradores (PEREIRA, 2016).

Primeiramente, são feitos estudos preliminares para auferir a disponibilidade dos ventos. O potencial eólico, ou prospecção dos ventos, é levantado com o intuito de saber se um local apresenta condições adequadas para a instalação do parque eólico, observando a velocidade média dos ventos, e o cálculo para o nível de energia elétrica. Além disso, as condições topográficas e de vegetação são pesquisadas nessa etapa para garantir a viabilidade do local (ALÉ et al., 2008).

Após a etapa de prospecção eólica, o processo de edificação do parque segue cinco etapas principais até sua conclusão, como exibido na Figura 2. A primeira fase constitui-se na avaliação topográfica e estudo de viabilidade da área onde a usina será instalada. Depois, são construídos os acessos internos e efetuada a limpeza da área de construção para que os guindastes e caminhões possam se locomover nas próximas etapas. Na terceira etapa, são alicerçadas as fundações das torres eólicas. O estabelecimento dos cabos elétricos de

interligação é feito na quarta etapa. E por fim, a torre eólica é instalada nas fundações edificadas anteriormente (ZANKOULA; KHOURYB, 2015).

Figura 2- Processo de construção de um parque eólico



Fonte: Elaboração própria, 2019.

Conforme explicitado, o processo de construção de parques eólicos é composto por uma série de atividades, e, portanto, requer o uso de ferramentas de gestão para que o seu projeto e seus processos tornem-se eficientes.

3. PRINCÍPIOS *LEAN* E *ÁGEIS* NA CONSTRUÇÃO CIVIL

3.1 Gerenciamento ágil de projetos

Um projeto é uma organização temporária na qual recursos são direcionados para um trabalho, visando uma mudança benéfica (TURNER, 2008). Com o objetivo de incentivar o gerenciamento de projetos a nível global foi fundada em 1969 uma instituição sem fins lucrativos, denominada de Project Management Institute (PMI). O PMI publicou o PMBOK (Project Management Body of Knowledge), um guia de referências abrangendo conhecimentos sobre gestão de projetos (COUTINHO, 2009).

Apesar do gerenciamento de projetos tradicional, mais próximo ao PMBOK, ter se mantido atualizado, circunstâncias que requer criatividade, incerteza e urgências não conseguem ser atendidas em sua totalidade pela abordagem tradicional (CHIN, 2004). Com base nisso, surgiu o Manifesto Ágil para o Desenvolvimento de *Software*, com conceitos aplicados a projetos urgentes com requisitos mutáveis de maneira diferente da visão tradicional (BECK et al., 2001).

De acordo com Cervone (2011), o gerenciamento ágil de projetos está profundamente enraizado nos princípios do manifesto para o desenvolvimento ágil de software: (1) indivíduos

e interações entre eles mais do que processos e ferramentas; (2) *software* em funcionamento mais que documentação abrangente; (3) colaboração com o cliente mais que negociação de contratos; e (4) responder a mudanças mais do que seguir um plano.

Para Owen et al., (2006) a implementação do gerenciamento ágil de projetos na construção civil é inevitável e traz melhorias para as organizações que prosperam com a mudança, e que fomentam uma cultura onde os trabalhadores podem contribuir para a aprendizagem organizacional e, portanto, a rentabilidade. Entretanto, para Chen et al. (2007), alguns requisitos ágeis, poderiam não ter êxito em algumas fases de um projeto de construção.

Por exemplo, na construção, a flexibilidade de mudança pode ocorrer na fase de projeto, porém na fase de construção se torna bem mais difícil e podem gerar custos extras e atrasos no projeto (BERTELSEN, 2002). À vista disso, a abordagem ágil integra-se com a filosofia *lean* com o intuito de aperfeiçoar o projeto de construção.

3.2 Lean Construction

Com o sucesso da produção enxuta em diversos setores da indústria, surgiu uma série de modelos de construção enxuta com a eventual aplicação dos princípios enxutos na indústria da construção (GAO; LOW, 2014). Segundo Howell et al. (2010), o interesse em aplicar a abordagem enxuta para o setor da construção ocorreu na década de 1990. Devido ao tempo de entrega longo e o desperdício considerável no processo de construção. A construção enxuta para Wen (2014), é uma nova modalidade de gerenciamento de projetos de construção, que o autor considera como especialmente adequado para projetos complexos, mutáveis e rápidos.

Womack e Jones (2004), enumerou 11 princípios que definem a *Lean Construction* e que têm servido de base desde então a diversos estudos: (1) Reduzir a percentagem das atividades que não agregam valor; (2) Aumentar o valor do produto final recorrendo à análise sistemática nas necessidades do cliente; (3) Reduzir a variabilidade (4) Reduzir tempo de ciclo – *lead time*; (5) Simplificar através da redução de passos, partes e ligações; (6) Aumentar a flexibilidade do resultado final (7) Aumentar a transparência do processo (8) Focar o controle no processo global; (9) Melhoria contínua do processo (10) Manter o equilíbrio entre as melhorias de fluxo e as melhorias no processo de conversão e (11) *Benchmark*.

3.3 Integração dos conceitos na construção civil

A aplicação conjunta de princípios enxutos e ágeis traz um desenvolvimento iterativo com forte ênfase nos parceiros da cadeia de suprimentos em termos de avanço de habilidades. Ao integrar os processos ágeis e enxutos aos processos de construção civil, a gestão do projeto será beneficiada pela flexibilidade, alto desenvolvimento iterativo, envolvimento das partes interessadas, abrindo oportunidade para redução de custos e favorecendo respostas rápidas para

tomada de decisão à jusante (sentido dos clientes) dos processos. Como um canteiro de obras é uma combinação de fabricação e montagem, um local de construção deve ser considerado como um local de fabricação que adote princípios enxutos e ágeis (TAYLOR, 2012; BIS, 2011; RIBEIRO; FERNANDES, 2010; SAINI et al., 2018).

4. MÉTODO DA PESQUISA

O método adotado tem objetivo exploratório descritivo, pois permite o aprofundamento nos conceitos relacionados a eólica *onshore*, com ênfase no seu processo construção e características das filosofias *lean* e ágil. O enfoque é qualitativo, visto que a abordagem da problemática tem o objetivo propor a aplicação dos princípios enxutos e ágeis na construção de parques eólicos *onshore*. Quanto aos procedimentos técnicos, este artigo pode ser classificado como estudo de caso, pois utilizou de uma empresa referência na construção de parques eólicos.

Sendo assim, o presente trabalho pode ser dividido em três etapas: Revisão bibliográfica, Estudo de caso e Proposta de aplicação dos princípios *lean* e ágeis na construção de usinas eólicas *onshore*.

- a) **Revisão bibliográfica:** Foi realizada uma revisão bibliográfica acerca da energia eólica *onshore* com ênfase na etapa de construção, princípios *lean* e ágeis aplicados na construção civil, abordando a integração destes dois conceitos. Para isso, foram buscadas informações em: teses, dissertações, livros e artigos nacionais e internacionais.
- b) **Estudo de caso:** Foi feito um estudo de caso com uma empresa de construção de parques eólicos, para o melhor entendimento do seu processo de construção. Para cumprimento desta etapa, foi realizada uma entrevista semiestruturada (Apêndice) com o principal responsável pelo gerenciamento da construção dos parques eólicos.

A entrevista se deu na empresa estudo de caso, e iniciou com perguntas genéricas a respeito das etapas necessárias para o processo de construção de usinas eólicas, assim como suas principais barreiras/dificuldades, a fim de compreender detalhadamente cada atividade.

Em seguida, o roteiro da entrevista foi dividido em dois momentos: Gerenciamento de projetos tradicional/ágil e *lean Construction*. As questões foram elaboradas com base nos principais conceitos e princípios das diferentes abordagens, com o intuito de verificar a se existe a possível adoção destas na empresa. O Quadro 1 apresenta os artigos utilizados para a criação do roteiro da entrevista, assim como os principais tópicos abordados.

Quadro 1- Literatura utilizada para a elaboração do roteiro da entrevista

Tópicos da entrevista	Autores
Gerenciamento de projetos tradicional/ágil	
Processo de gerenciamento de Projetos	NURDIANI ET AL., (2016); MCMAHON, 2005; OUNAIES et al., 2006; WELLINGTON et al., 2005; MOLHANEC, 2007; HU et al., 2009; MARTIN et al., 2004.
Gestão de equipes e cooperação	RODEWOHL (2014); FERNANDES (2012); WANG et al., (2012); VALLON et al., (2015); NURDIANI et al., (2016).
Controle e Tecnologia	RODEWOHL (2014); FERNANDES (2012); WANG et al., (2012); NOWOTARSKI e PASLAWSKI (2016); VALLON et al., (2015); NURDIANI et al., (2016).
Lean Construction	
Eliminação dos desperdícios	KOLADIYA (2017); RODEWOHL (2014); BARROS (2005); MERSCHBROCK (2017); NOWOTARSKI e PASLAWSKI (2016).
Indicadores de desempenho	KOLADIYA (2017); BARROS (2005); MERSCHBROCK (2017); NOWOTARSKI e PASLAWSKI (2016); TAYLOR, 2012.
Gestão de Pessoas	BARROS (2005); MERSCHBROCK (2017); NURDIANI et al., (2016); TAYLOR, (2012).

Fonte: Elaboração própria, 2019.

- c) **Proposta de aplicação dos princípios *lean* e ágeis na construção de usinas eólicas *onshore*:** com base no referencial teórico acerca das características *lean* e ágeis e eólica *onshore* e do estudo de caso com uma empresa de construção civil responsável pela implantação de parques eólicos, serão propostas aplicações das características referentes a estes conceitos para o aprimoramento tanto na fase do planejamento, quanto no processo de construção.

5. ESTUDO DE CASO

A Empresa Alpha é uma empresa que executa diversas obras em construção civil, industrial, de infraestrutura viária e urbana, entre outras na região nordeste. Participou de umas das primeiras construções de parques eólicos e após o sucesso na construção desse parque, a firma continuou a ser contratada para outras construções eólicas. Assim, a empresa se tornou uma referência na construção de parques eólicos, tendo construído mais de 700 fundações para torres eólicas e 300 quilômetros de acessos rodoviários.

5.1 Perfil do entrevistado

As questões referentes ao projeto e ao processo de construção das usinas eólicas foram indagadas ao Gerente de Engenharia que está na empresa há três anos e participa plenamente

do planejamento e execução da construção, possuindo, portanto, domínio de conhecimento nesta área.

5.2 Processo de construção civil de um parque eólico

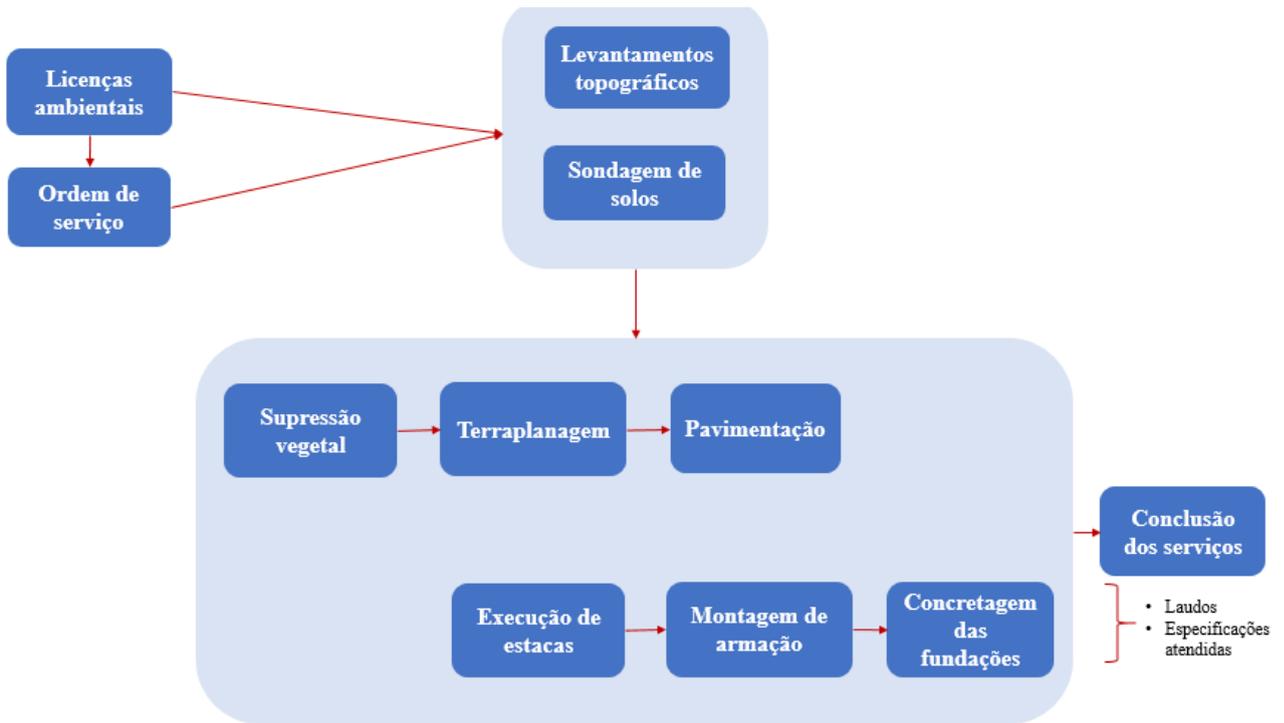
Foi relatado que o processo de construção civil inicia após emitidas as licenças ambientais necessárias e a ordem de serviço pelo proprietário do parque eólico. O planejamento das atividades de construção civil do parque pode chegar até duzentas horas e a obra de seis meses a um ano e meio.

Após a ordem de serviço, são realizados levantamentos topográficos e sondagens de solo. O levantamento topográfico é necessário para o levantamento planialtimétrico e confecção do projeto de obras viárias, as sondagens de solo servirão para estudo das camadas do solo e seus resultados serão utilizados para a confecção dos projetos das soluções das fundações para as torres eólicas, dependendo do resultado a fundação poderá ser direta ou indireta (com a utilização combinada com estacas).

Enquanto os projetos estão sendo elaborados, inicia-se a mobilização das equipes e equipamentos para a obra, esta etapa começa com a montagem do canteiro de obras, que engloba os escritórios, a usina de concreto e os laboratórios de solos e de concreto. Com os projetos aprovados é iniciada a etapa de supressão da vegetação de acordo com o eixo licenciado, após a supressão é realizada a atividade de movimentação de terra ou terraplenagem, e execução das camadas do pavimento das vias. Em paralelo a esta atividade ocorre a confecção das fundações, montagem da armadura, instalação de forma e concretagem. Após a concretagem a fundação passa pelo processo de cura, para posterior desforma e aterro da fundação, deixando-o apta para início da montagem.

Todos os processos são inspecionados e executados conforme definições de projeto e normas técnicas aplicáveis, os controles tecnológicos são realizados em todas as etapas para evidenciar a qualidade do serviço executado. E por fim, a obra somente é considerada entregue após a conclusão dos serviços e entrega de todos os documentos e laudos que comprove o atendimento as especificações de projeto. A Figura 3 apresenta de forma detalhada o processo de construção civil.

Figura 3- Processo de construção civil da Empresa Alpha



Fonte: Elaboração própria, 2019.

5.3 Principais dificuldades enfrentadas

As principais dificuldades nas etapas citadas são: Supressão vegetal: necessidade de liberação pelas equipes de afastamento de fauna e arqueologia; Terraplanagem: necessidade de cuidados para evitar a instalação de processos erosivos; Pavimentação: necessidade de empréstimo de material provenientes de jazidas mineral, estas que devem ser previamente licenciadas; Concretagem das fundações: para fundações indiretas é necessário a mobilização de equipamento perfuratriz, a liberação para montagem da armadura somente ocorre depois que todos os ensaios realizados nas estacas devem ser emitidos e aprovados. A concretagem deve ocorrer de uma só vez, sem intervalos, o que podem levar até 12h, assim é necessário o devido planejamento de insumos e equipe para não haver paralisação.

5.4 Abordagem tradicional/ágil

Foi informado que para a construção dos parques fundamentam-se na proposta teórica do PMBOK, no qual o cronograma e o plano são seguidos miuciosamente. Entretanto, o entrevistado afirma ter conhecimento de algumas ferramentas ágeis como o *scrum* e utiliza constantemente tecnologias da informação como meios de comunicação e gerenciamento com a equipe.

5.4.3 Processo de gerenciamento de Projetos

O projeto se inicia com a negociação do contrato. Para isso, é feito um estudo do

mercado e necessário ter experiência e expertise no assunto, segundo o entrevistado. Os preços precisam estar dentro do mercado, pois com o aumento da competitividade, qualquer ganho em produtividade é algo determinante em uma negociação. Deve-se levar em consideração em termos de gerenciamento de projetos se o *layout* do parque eólico será incluído ou não no contrato. Caso afirmativo, a construtora planeja o *layout* de construção das fundações de torres e acesso, além dos projetos técnicos e detalhamentos das atividades necessárias durante a execução. As posições dos aerogeradores são sempre pré-estabelecidas pela contratante, pois são escolhidas mediante extenso estudo prévio.

É utilizado como modelo para o gerenciamento de projetos o PMBOK, e como *software* além do MS Project é utilizado o TOTVS, que gerencia a obra do começo ao fim e garante o controle de todas as operações e processos da construção e oferece mobilidade na troca de informações em todo fluxo. As técnicas de Gerenciamento de Projetos utilizadas são: caminho crítico, reuniões de controle, análise de desempenho, análise de valor agregado, matriz de comunicação, reporte do desempenho, análise de premissas, etc.

5.4.1 Gestão de Equipes e cooperação

Foram elencados como participantes da equipe do projeto o Gerente de Projetos, Equipe Técnica, Equipe Administrativa, Equipe de Produção, Equipe de Qualidade, Segurança, Meio Ambiente e Saúde e o Escritório de Projetos (corporativo). A comunicação entre estes se dá por meio de telefone, *Skype*, *e-mail* e matriz de comunicação e responsabilidade. Além disso, as equipes da linha de frente da produção se comunicam via rádio e presencialmente é feito duas reuniões diárias uma no início do turno (*check-in*) e outra no final do turno (*check-out*) onde os líderes participam com seus subordinados para fazer a comunicação horizontal.

Durante a operação, podem fazer parte da equipe o gerente técnico (responsável pelas programações mensais e semanais), engenheiro de produção, gerente de obra e um técnico em planejamento. Foi relatado que no total de uma obra, poderiam participar até 300 pessoas, contando o pessoal operacional, tático e estratégico.

Em relação à autonomia das equipes, foi relatado que toda a equipe tem autonomia, entretanto, as decisões mais cruciais ficam concentradas apenas em uma pessoa e algumas precisam passar pela empresa contratada para gerenciar o parque ou pelos gerentes de qualidade que representam o cliente.

Os *stakeholders* são considerados pessoas da alta liderança que apoiam as mudanças de cenário e ajudam no acultramento das equipes na obra, existindo cooperação. Sua participação ativa é fundamental na gestão de desempenho e gestão do projeto. As principais partes interessadas da construção dos parques eólicos, são: o cliente (ou contratante), a comunidade,

o governo (órgãos reguladores), o executor e os fornecedores de produtos da construção civil, como cimento, metal e equipamentos. A presença destes no projeto foi constante, tendo em vista a sua importância. Por exemplo, paralisação da obra dependendo da situação (contratante) ou problemas relacionados às licenças ambientais (governo). Desta forma o atendimento dos requisitos destas partes interessadas é crucial.

5.4.2 Controle e Tecnologia

Os prazos seguem o cronograma traçado e caso não seja cumprido, é feito um replanejamento para verificar os impactos e possíveis ações de mitigação. No que se refere ao uso da tecnologia da informação, existe o uso de drones para fins de imagens do canteiro de obras, permitindo assim ver o seu avanço, sendo também úteis para a etapa de levantamento topográfico. Quando questionado sobre a utilização de alguma ferramenta para visualização real do comportamento da construção civil do parque eólico antes do mesmo ser iniciado, foi relatado que no momento não há uso, porém, já estão no processo de pesquisa para uma possível implantação.

Foi citado que existe um cronograma gerencial contemplando todas as atividades da obra. Em relação às reuniões, com base no Sistema de Excelência Operacional da empresa, existem três tipos para o monitoramento e acompanhamento do projeto. No primeiro bloco de reuniões, existem as reuniões setoriais por semana, incluindo uma reunião com o Gerente de Contrato para verificar desempenho na semana anterior e promover melhorias para as próximas semanas. Já no segundo bloco existem as reuniões de alinhamento do *Last Planner System*- LPS onde é repassado o cronograma visando as seis semanas para frente e validando a programação semanal. O terceiro bloco são reuniões mensais com os gestores do contrato.

A empresa lida com mudanças inesperadas no projeto por meio do gerenciamento de risco do contrato, levantando antecipadamente as possíveis mudanças e novas estratégias. Quando as mudanças ocorrem, é feita uma nova revisão do cronograma gerencial, onde é visto quais os impactos estão sendo gerados por essa alteração inesperada do projeto. Feito este mapeamento, é elaborado um plano de ação para recuperar possíveis atrasos e se for o caso, diminuir o custo não previsto. O acompanhamento dos riscos se dá pelo estudo do contrato, onde é levantado os principais riscos do contrato, feito acompanhamento através de plano de ação e atualizações do cronograma gerencial.

5.5 Lean construction

Foi relatado que a empresa Alpha considera importante e aplica alguns dos princípios do *lean construction* para gestão da construção de parques, tendo em vista que estes ajudam a reduzir os desperdícios e garantem uma melhor produtividade nos processos. Para isso, existe

um Sistema de Excelência Operacional, voltado para a cultura *lean* e que faz parte do planejamento estratégico.

5.5.1 Eliminação dos desperdícios

Em relação à eliminação dos desperdícios é utilizada a rotina de GEMBA (o lugar real onde o valor é acrescentado) nas frentes de serviço e controle de apontamentos de campo e Workshop de produtividade- WS, revisão contínua dos processos com o intuito de otimizá-los. Para o entrevistado, a adoção do *Just in time* é considerada ideal para o fornecimento de materiais, entretanto para a construção civil dos parques torna-se complicado devido a existência de alguns materiais críticos como cimento, brita, areia, água e aço, precisam ser estocados para que não haja possibilidade de atrasos devido a falta destes.

Para eliminação dos custos com transporte, os maiores fornecedores de insumos estão em regiões próxima aos parques e há relação de parcerias entre eles. Também existem ferramentas de gerenciamento visual nas obras, para orientar operários e visitantes, como quadros de gestão a vista e murais de aviso nas áreas de vivência.

5.5.2 Indicadores de desempenho

Os principais indicadores utilizados são os Indicadores Chaves de Desempenho – KPIs de produção e produtividade, que são calculados ao final de cada turno na reunião de *Checkout* e apresentados semanalmente nas reuniões gerenciais. As perdas também são avaliadas através de indicadores de controle de equipamentos. O método de valor agregado também é utilizado após a apropriação da mão de obra e dos materiais, comparando a produção prevista com o trabalho realizado. A produtividade dos funcionários é calculada apontando as horas de trabalho de cada frente de serviço nas atividades realizadas. Em relação à comparação com outras obras é realizado uma reunião mensal entre estas, para análise de desempenho dos principais serviços.

5.5.3 Gestão de pessoas

Os critérios utilizados na seleção do pessoal para trabalhar diretamente na obra é a experiência que na maioria dos casos está relacionado com a produtividade. Existe também um plano de contratação de mão de obra local, no qual capacitam-se esses profissionais. Os trabalhadores da obra têm acesso ao planejamento, nas seções de *Pull Planning*, no qual os líderes das frentes participam ativamente do planejamento detalhado de cada atividade. Após as seções os líderes recebem semanalmente a sua programação semanal para ser disseminada com os seus liderados através de reuniões e mural de acompanhamento de obra. Além disso, existe treinamento para todos os profissionais capacitados para exercerem suas atividades, conforme o SGI (Sistema de Gestão Integrada).

6. PROPOSTA DE APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS *LEAN* E ÁGEIS NA CONSTRUÇÃO DE USINAS EÓLICAS *ONSHORE*

Com base no estudo de caso, foi dito e analisado que o gerenciamento do projeto da construção civil de parques eólicos da empresa Alpha, é fundamentado no PMBOK, seguindo minuciosamente o cronograma planejado, uso de corrente crítica e de um plano. Entretanto, apesar do sucesso de suas obras civis, utilizar apenas este tipo abordagem tradicional em seus projetos, não garante a flexibilidade para lidar com imprevistos, rapidez e eficácia na comunicação, oferecidos pela abordagem ágil. Ainda assim, apesar da abordagem ágil garantir a flexibilidade de mudança na fase de projeto, existem dificuldades nesta garantia na construção civil pois as mudanças nas operações e retrabalhos podem gerar custos extras e atrasos no projeto (BERTELSEN, 2002).

Neste sentido, a abordagem ágil integra-se com a filosofia *lean* com o intuito de aperfeiçoar o projeto de construção. O *lean* é uma excelente técnica de fabricação e administração para alcançar a excelência nos produtos e serviços, especialmente para uma indústria como a energia eólica, onde o capital deve ser cuidadosamente gerenciado e controlado para atrair e garantir novos investimentos (THOMAS, 2015). Foi apresentado que a empresa Alpha faz uso do *lean construction*, aplicando algumas de suas ferramentas nos seus processos, como o GEMBA e gestão visual, entretanto apenas isso não é suficiente para eliminação dos desperdícios em uma obra tão complexa como esta. Desta forma, serão propostas as aplicações de alguns dos princípios de ambas as abordagens nos tópicos a seguir.

6.1 Proposta de aplicação dos princípios ágil

- **Indivíduos e interações entre eles mais do que processos e ferramentas:** A grande ênfase na flexibilidade para a mudança pode ser alcançada com a comunicação entre a equipe de projeto e de trabalho. Foi apresentado que a equipe do projeto utiliza algumas ferramentas para se comunicar, como a matriz de comunicação, uma sugestão seria o incremento desta técnica com o framework *scrum*, o qual desenvolve a comunicação por intermédio de *daily meeting* (reuniões diárias), *burndown Charts* (gráfico utilizado para representar diariamente o progresso do trabalho em desenvolvimento), quadro de *Kanban*, etc, permitindo a comunicação e visibilidade do projeto. Sempre perguntando a cada membro da equipe o que foi feito, quais são os planos e se existem impedimentos.

- **Software em funcionamento mais que documentação abrangente:** O *software online* utilizado é o MS Project. Entretanto ainda não existe a utilização de ferramenta para visualização real do comportamento da obra antes da mesma ser iniciada. Uma tendência existente no setor eólico em consequência do avanço do uso de sistemas computacionais é o

Modelo de Informação de Construção (BIM). Esta ferramenta vem sendo constantemente aplicada em conjunto com as práticas *lean* no gerenciamento da construção. Um projeto desenvolvido utilizando o BIM oferece melhor compartilhamento de dados, custos reduzidos e maior valor de vida útil, além de aumentar a integração das partes interessadas no processo (MURPHY, 2016; BISHOP; STOCK, 2010).

- **Colaboração com o cliente mais que negociação de contratos:** A importância da participação dos *stakeholders* no projeto para empresa é considerada importante. Órgãos licenciadores e comunidade local, desempenham um papel crítico durante a construção de um parque eólico (GOLDEMBERG; LUCON, 2007; IMPROTA, 2008). A falta do gerenciamento do contato com esses agentes causa grandes problemas durante o processo de construção. Isso agregado ao pensamento ágil de envolvimento dos *stakeholders* durante a execução do projeto faz com que tarefas que os envolvam devam ser bem elaboradas. Durante o planejamento da construção do parque eólico, algum representante deve estar facilmente disponível para que a aprovação geral do planejamento e qualquer dúvida que possa surgir obtenha resposta de maneira rápida.

- **Responder a mudanças mais do que seguir um plano:** Na fase do planejamento são utilizadas até duzentas horas para elaborar os detalhes técnicos da construção civil e o detalhamento completo do cronograma. De acordo com a abordagem ágil, é recomendado que o planejamento seja feito aos poucos, com a participação dos *stakeholders*, entregas divididas em partes menores, o projeto sendo replanejado com frequência para se adaptar dinamicamente aos obstáculos enfrentados, e não deixar que as mudanças ocorram para que possa ser tomada uma atitude, diminuindo assim o tempo de planejamento da obra (CERVONE, 2011).

6.2 Proposta de aplicação dos princípios do *lean construction*

- **Eliminar desperdícios e aumentar o valor do produto:** Para eliminação efetiva das atividades que não agregam valor e prevenção dos desperdícios nas obras, deve ser aplicado a ferramenta o Mapeamento do Fluxo de Valor. Para isso, a construtora deve definir qual o processo de construção civil do parque eólico se deseja mapear primeiro, realizando o desenho do estado atual a partir da coleta das informações como: tempos, número de pessoas envolvidas em cada processo, etc. O desenho do estado futuro do processo construtivo virá na sequência, acompanhado do plano de trabalho e implementação. O objetivo desse plano é fazer com que o estado futuro se torne realidade (PINTO, 2012).

- **Aumentar a transparência do processo:** Algumas técnicas do *lean* ajudam nessa visualização, como o gerenciamento visual e o processo 5S (ambiente de trabalho visual). A ferramenta de aumento de visualização fala sobre comunicar informações-chave de maneira

efetiva para as equipes de projeto e de trabalho por meio de várias placas e sinais espalhados pelo canteiro de obras, esta prática é realizada pela empresa estudo de caso. As equipes podem ser lembradas de que elementos como fluxo de trabalho, metas de desempenho e ações específicas, caso possam visualizar os sinais e placas (EL-KOURD, 2009; MOSER; DOS SANTOS, 2003). Isso inclui sinais sobre a segurança, o cronograma e a qualidade (PEREIRA, 2016). A ferramenta do 5S aplicada no ambiente de trabalho é separada em ações que estabelecem como um local de trabalho pode se tornar mais otimizado (EL-KOURD, 2009). As ações que devem ser aplicadas são: organizar (*Sort*); endireitar (*Straighten*); padronizar (*Standardize*); brilhar (*Shine*); manter (*Sustain*).

- **Melhoria contínua do processo:** O *first run studies* é uma ferramenta *lean* que faz parte do esforço de melhoramento contínuo e é usada quando um procedimento precisa ser melhorado. Inclui estudos de produtividade e uma revisão dos métodos de trabalho. Esses estudos comumente usam arquivos de vídeo, foto ou gráficos para mostrar o processo ou ilustrar as instruções de procedimento a ser melhorado. O primeiro passo é escolher uma operação da construção que deve ser examinada em detalhes, trazendo novas ideias e sugestões para explorar maneiras de executar melhor esse trabalho. Por exemplo, caso a equipe acredite que o processo concretagem de fundações possa ser mais eficiente, tendo em vista que existem problemas de paralisação nesta atividade, esse procedimento deve ser documentado e relatado de forma completa com vídeos, relatos, fotos e temporizado para análise e aprimoramento do processo (PEREIRA, 2016).

- **Benchmarking:** Em relação aos indicadores de desempenho sugere o *Benchmarking* interno comparando o desempenho entre departamentos ou processos dentro da própria empresa, descrevendo com maior exatidão e transparência quais as situações de menor desempenho, em localizações distintas (PINTO, 2012).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O custo de mercado é algo determinante em uma negociação. Com o aumento da competitividade, qualquer ganho em produtividade e diminuição desse custo é fundamental para o setor eólico. O uso *lean* como filosofia de gestão auxilia nesta redução e no aumento da eficiência das operações, e quando integrado com outras abordagens como a ágil, promove a flexibilidade e rapidez nos processos.

Respondendo a pergunta: “Como seria a aplicação dos princípios *lean* e ágil na fase de construção de parques eólicos?”, este trabalho propôs a aplicação dos princípios da abordagem ágil para gerenciamento de projetos e do *lean construction* e suas variadas ferramentas por meio

de estudo de caso com uma empresa referência em implantação de parques eólicos. As ferramentas propostas foram o *Daily meeting*, *burndown Charts*, quadro de *Kanban* para melhoria da comunicação da equipe do projeto, *software online* para promoção da agilidade, Mapeamento do fluxo de valor, para eliminação dos desperdícios na etapa de construção, 5s para o aumento da transparência entre processos, *First run studies* para melhoria contínua e *benchmark* para medição de desempenho.

Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se a realização de estudos em mais empresas deste setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEEOLICA, A. B. DE E. E. **Números ABEEólica**. Disponível em:< <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/02/N%C3%BAmeros-ABEE%C3%B3lica-01.2019.pdf>>. Acesso em 28 fev. 2019.

ALÉ, J. et al. **Aspectos da Calibração de Anemômetros nos Empreendimentos Eólicos**. v. 4, 2008.

ANSAH, R. H. et al. Lean construction: an effective approach for project management. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, n. 3, p. 1607-1612, 2016.

BARROS, E. S. Aplicação da Lean Construction no setor de edificações: um estudo multicaso. 2005.

BERTELSEN, S. Bridging the gap—towards a comprehensive understanding of lean construction. IGLC-10, Gramado, Brasil, 2002.

BIS. Infrastructure supply chains: barriers and opportunities, department for business”, Innovation and Skills, BIS, London, 2011.

CERVONE, H. Frank. Understanding agile project management methods using Scrum. **OCLC Systems & Services: International digital library perspectives**, v. 27, n. 1, p. 18-22, 2011.

CGEE. Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil. Brasília, 2012.

CHEN, Q. et al. Interface management—a facilitator of lean construction and agile project management. **International Group for Lean Construction**, v. 1, n. 1, p. 57-66, 2007.

CHIN, G. **Agile project management how to succeed in the face of changing project requirements**. New York: AMACOM, 2004.

COUTINHO, Í. D. A. **Estudo da aderência dos processos de gestão de projetos em empresas de engenharia consultiva de Belo Horizonte**. Dissertação de mestrado. PPGA em Administração, Universidade FUMEC, Belo Horizonte, 2009.

DENHOLM, P. et al. **Role of energy storage with renewable electricity generation**. National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States), 2010.

ELOLA, Aitziber; PARRILLI, Mario Davide; RABELLOTTI, Roberta. The resilience of clusters in the context of increasing globalization: The Basque wind energy value chain. **European Planning Studies**, v. 21, n. 7, p. 989-1006, 2013.

FERNANDES, M. C. T. Um sistema ágil na gestão da construção. In: **Congresso Construção 2012**. 2012.

- GAO, S., LOW, S. P. **The Toyota Way model: an alternative framework for lean construction.** Total Quality Management & Business Excellence, 2014.
- GOUVEIA, Y. C. DA S. **Construção de um parque eólico industrial.** Instituto Superior De Engenharia De Lisboa, 2013.
- HOWELL, G. A. et al. Construction engineering— Reinvigorating the discipline. **Journal of construction engineering and management**, 2010.
- HU, Z. et al. Research on Agile Project Management with Scrum Method. p.26–29. IEEE. DOI: 10.1109/SSME.2009.136, 2009.
- KERZNER, H. **Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling.** 10th ed. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons, 2009.
- KOLADIYA, B. Research trends of Lean Construction and its compliance with Toyota Production System for year 2016. 2017.
- MARTIN, A.; BIDDLE, R.; NOBLE, J. The XP customer role in practice: Three studies. Agile Development Conference, 2004. **Anais**. p.42–54. IEEE, 2004.
- MCMAHON, P. E. Bridging Agile and Traditional Development Methods: A Project Management Perspective. **Technology by Any Other Name**, v. 801, p. 16, 2004.
- MOLHANEC, M. **The Agile Methods** - an Innovative Approach in the Project Management. p.304–307. IEEE. DOI: 10.1109/ISSE.2007.4432868, 2007.
- MERSCHBROCK, C. et al. **Lean production construction: prospects for the Icelandic construction industry.** 2009. Tese de Doutorado.
- NOWOTARSKI, P.; PASLAWSKI, J. Lean and agile management synergy in construction of high-rise office building. *Archives of Civil Engineering*, v. 62, n. 4, p. 133-148, 2016.
- NURDIANI, I. et al. The impacts of agile and lean practices on project constraints: A tertiary study. **Journal of Systems and Software**, v. 119, p. 162-183, 2016.
- OUNAIES, H. Z.; JAMOUBSI, Y.; AHMED, M. B. PROJECT MANAGEMENT IMPROVEMENT IN EXTREME PROGRAMMING. **Revista de Procesos y Métricas de las tecnologías de la información**, v. 3, n. 1, p. 25–31, 2006.
- OWEN, R. et al. **Is agile project management applicable to construction?** Conference or Workshop, London, 2006.
- PEREIRA, Pedro Baesse Alves. **Planejamento e controle na construção civil de parques eólicos: proposta exploratória de uma abordagem híbrida de gerenciamento de projetos.** Dissertação de Mestrado, 2016.
- PINHO, António José de Aguiar Monteiro et al. **Gestão de projectos de parques eólicos:** contributos para a melhoria do processo. 2008.
- PINTO, Jorge Manuel Fonseca et al. **Lean Construction:** proposta de metodologia de avaliação de projetos de construção. 2012.
- RIBEIRO F. L; FERNANDES M. T. Exploring agile methods in construction small and medium enterprises: a case study. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 23, n. 2, p. 161-180, 2010.
- RODEWOHL, C. **The presence of Lean Construction principles in Norways transport infrastructure projects.** Dissertação de Mestrado. Institutt for bygg, anlegg og transport, 2014.

SAINI, M. et al., Critical factors for transferring and sharing tacit knowledge within lean and agile construction processes. **University of Salford**, Manchester, 2018.

TAYLOR, S. Offsite production in the UK construction industry. **Report: Construction Engineering Specialist Team**, 2012.

THOMSEN, Kurt. **Offshore wind: a comprehensive guide to successful offshore wind farm installation**. Academic Press, 2014.

TURNER, J. R. **The Handbook of project-based management: leading strategic change in organizations**. New York: McGraw-Hill Education, 2008.

VALLON, R. et al. An Agile and Lean Process Model for Mobile App Development: Case Study into Austrian Industry. **JSW**, v. 10, n. 11, p. 1245-1264, 2015.

WANG, X. et al. “Leagile” software development: An experience report analysis of the application of lean approaches in agile software development. **Journal of Systems and Software**, v. 85, n. 6, p. 1287-1299, 2012.

WEN, Ye. Research on Cost Control of Construction Project Based on the Theory of Lean Construction and BIM: Case Study. **The Open Construction and Building Technology Journal**, v. 8, n. 1, 2014.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A máquina que mudou o mundo**. Gulf Professional Publishing, 2004.

ZANKOULA, E.; KHOURYB, H. Simulation of On-Shore Wind Farm Construction Process in Lebanon, 2015.

APÊNDICE

Roteiro de pesquisa

A pesquisa de campo faz parte do curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O objetivo da pesquisa é investigar os aspectos presentes na construção civil de um parque eólico em uma empresa de referência na área. Para a execução da pesquisa o profissional Gerente de engenharia deverá ser entrevistado.

A pesquisa será dividida nos seguintes tópicos: **Abordagem ágil**: Processo de gerenciamento de Projetos, Gestão de equipes e cooperação e Controle e Tecnologia. **Lean Construction**: Eliminação dos desperdícios, indicadores de desempenho e gestão de pessoas.

Roteiro
1. Baseado na sua experiência, quais os passos iniciais para a negociação da construção de um parque eólico?
2. Quais são as etapas da construção de um parque eólico?
3. Quais são as principais barreiras enfrentadas na construção de um parque eólico?
Gestão de projetos ágeis
4. Conhece abordagens ágeis em gerenciamento de projetos? Se sim, quais?
5 Por quem é formada a equipe do projeto?
6 Quem eram os <i>stakeholders</i> ? E como se deu a participação destes na construção do parque?

<p>7 Como é feito o controle e monitoramento das atividades da construção do parque?</p> <p>a. Existe um cronograma?</p> <p>b. Qual a frequência das reuniões?</p> <p>c. Os prazos são cumpridos de acordo com o planejamento?</p> <p>e. Existe o emprego da tecnologia da informação (drones, sensores) para o monitoramento nas obras</p> <p>f. É utilizada alguma ferramenta para visualização do comportamento da obra (custos, cronograma) antes da mesma ser iniciada?</p>
<p>8 Caso aconteça alguma mudança inesperada no projeto, como se lida com isso?</p>
<p>9. Como ocorre a comunicação entre a equipe de projeto?</p>
<p>10. Algum método de gerenciamento de projeto é usado?</p> <p>a. É utilizado algum software para o gerenciamento do projeto?</p> <p>b. Quais ferramentas/técnicas de gerenciamento de projetos que utilizam?</p>
<p><i>Lean Construction</i></p>
<p>13. A empresa conhece a filosofia <i>lean</i>? Acha que é benéfica para projetos de construção pequenos e grandes?</p>
<p>14. A empresa avalia o desempenho de sua produção? Se sim, quais são os principais indicadores de desempenho usados pela empresa?</p>
<p>15. Você acha que os suprimentos de material <i>lean</i> / JIT são uma solução adequada na construção?</p>
<p>16. Identifique quais são as maiores fontes de desperdício? Há algum tipo de controle nestes?</p>
<p>17. Há comparações entre o desempenho da produção com seus concorrentes ou outra obra da construtora que esteja em ritmo da produção?</p>
<p>18. Os fornecedores estão próximos ao parque? Há um relacionamento de parceria com estes?</p>
<p>19. Quais são os critérios utilizados na seleção do pessoal para trabalhar diretamente na obra?</p> <p>a) Experiência, agilidade, tempo de obra, produtividade, etc.</p>
<p>20. Os trabalhadores da obra têm acesso ao planejamento? Se sim, de que forma?</p>
<p>21. Há treinamento para o pessoal diretamente envolvido com a produção da obra?</p>
<p>22. Como sua organização mede a produtividade dos funcionários e seus processos de trabalho?</p>
<p>23. Há ferramentas de gerenciamento visual nas obras para orientar operários e visitante?</p>