



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

## DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES DE ENGENHARIA PARA INTERVENÇÕES SUBMARINAS NA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS COM O AUXÍLIO DA METODOLOGIA *DESIGN THINKING*

*DEVELOPMENT OF ENGINEERING SOLUTIONS FOR SUBSEA INTERVENTIONS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY WITH THE AID OF DESIGN THINKING METHODOLOGY*

*DESARROLLO DE SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA INTERVENCIONES SUBMARINAS EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y EL GAS CON LA AYUDA DE LA METODOLOGÍA DESIGN THINKING*

Pedro Gall Fernandes<sup>1\*</sup> & Ricardo Luiz Fernandes Bella<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universidade Federal Fluminense, Instituto de Ciência e Tecnologia – ICT.

<sup>1\*</sup> pedrogfernandes2@gmail.com <sup>2</sup> ricardobella@id.uff.br

### ARTIGO INFO.

Recebido: 08.01.2022

Aprovado: 05.07.2022

Disponibilizado: 07.07.2022

**PALAVRAS-CHAVE:** Desenvolvimento de produto; *design thinking*; indústria de óleo e gás; inovação; intervenções submarinas.

**KEYWORDS:** *Product development; design thinking; oil and gas industry; innovation; subsea interventions.*

**PALABRAS CLAVE:** *Desarrollo de producto; design thinking; industria de petróleo y gas; innovación; intervenciones submarinas.*

\*Autor Correspondente: Fernandes, P. G.

### RESUMO

A variação do preço do barril de petróleo no mercado global aumenta a competitividade das empresas da indústria de óleo e gás nas atividades de exploração e produção, sendo a melhoria no atendimento ao cliente fundamental para a sobrevivência das empresas prestadoras de serviços. Neste contexto, a aplicação da metodologia *design thinking* possui uma função essencial no desenvolvimento de soluções para intervenções submarinas nesta indústria, visto que o atendimento ao prazo de entrega e as necessidades do cliente são fundamentais para que não haja interrupção na produção de petróleo. O objetivo deste estudo é analisar como o *design thinking*, associado aos métodos de desenvolvimento de produto *design for manufacturing* (DFM) e *design for assembly* (DFA), pode ser inserido nos processos de engenharia de sistemas de uma empresa multinacional do segmento de óleo e gás para potencializar os resultados durante a execução dos projetos de desenvolvimento. O *design thinking* é inserido no método de pesquisa *soft design science research* para construção de uma solução que reduza os impactos nos desafios encontrados. Os resultados obtidos, tais como a interação entre os departamentos de engenharia, projetos, operações e compras, auxiliam no gerenciamento das atividades de desenvolvimento de produto, visando o atendimento às necessidades operacionais, de prazo e custo do usuário final.

### ABSTRACT

*The variation of the price of the oil barrel in the global market increases the competitiveness of the oil and gas companies in the exploration and production activities. The improvement on the customer service is essential for the*

*survival of the service providers due to the increase of competition in recent years. In this context, the application of the design thinking methodology has an essential role in the development of solutions for subsea interventions in this industry, since meeting the lead time and customer needs are fundamental in order to not have an interruption in the oil production. The objective of this study is to analyze how design thinking, associated with methods of product development as design for manufacturing (DFM) and design for assembly (DFA), can be applied in the systems engineering process of a multinational company of the oil and gas industry to enhance results during the execution of development projects. Design thinking is inserted in the soft design science research methodological framework to build a solution to reduce the impacts on the challenges found. The results obtained, such as the interaction among the engineering, projects, operations and purchase departments, help in the management of the activities that make up the product development process, aiming at the operations, deadline and cost needs of the end user.*

### RESUMEN

*La variación del precio del barril de petróleo en el mercado global aumenta la competitividad de las empresas de la industria del petróleo y gas en las actividades de exploración y producción, siendo fundamental la mejora del servicio al cliente para la supervivencia de los proveedores de servicios. En este contexto, la aplicación de la metodología design thinking tiene un papel fundamental en el desarrollo de soluciones para intervenciones submarinas en esta industria, ya que el cumplimiento del plazo de entrega y las necesidades del cliente son fundamentales para que no se produzca una interrupción en la producción de petróleo. El objetivo de este estudio es analizar cómo el design thinking, asociado a los métodos de desarrollo de productos design for manufacturing (DFM) y design for assembly (DFA), se puede insertar en los procesos de ingeniería de sistemas de una empresa multinacional de petróleo y gas para potenciar los resultados durante la ejecución de los proyectos de desarrollo. El design thinking se inserta en el método de investigación soft design science research para construir una solución que reduzca los impactos en los desafíos encontrados. Los resultados obtenidos, como la interacción entre los departamentos de ingeniería, proyectos, operaciones y compras, ayudan en la gestión de las actividades de desarrollo de productos, con el objetivo de satisfacer las necesidades operativas, de tiempo y costo del usuario final.*



## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de óleo e gás tem investido na inovação desde seu início no século XIX e novas tecnologias poderosas, como inteligência artificial e aplicativos em nuvem, superaram as antigas, abrindo novas oportunidades quase impossíveis de imaginar algumas décadas atrás (Nahkle, 2018). De acordo com uma pesquisa realizada pela IBM, publicada em 2020, 82% dos executivos entrevistados da indústria de óleo e gás dizem que a inovação será crítica para o alcance da eficiência operacional e o sucesso das organizações nos três anos seguintes (Evensen, Womack, & Spencer, 2020).

Segundo Brown (2009), para que uma abordagem à inovação seja poderosa, eficaz e amplamente acessível, é necessário que seja integrada a todos os aspectos dos negócios e da sociedade. O *design thinking* oferece essa abordagem que começa com habilidades na qual os *designers* têm aprendido ao longo de várias décadas na busca por estabelecer a correspondência entre as necessidades humanas com os recursos técnicos disponíveis, considerando as restrições práticas do negócio (Brown, 2008).

O *design thinking* é uma metodologia que imbui todo o espectro de atividades de inovação com uma característica de design centrado no ser humano (Brown, 2008). Esta expressão *design thinking* foi proposta por David Kelley, professor da universidade de Stanford e fundador da empresa de consultoria em inovação IDEO, para descrever um conjunto de princípios que podem ser aplicados por diversas pessoas a uma ampla variedade de problemas (Brown, 2009).

Em concordância com David Kelley, Bonini e Sbragia (2011) ressaltam que o principal benefício desta metodologia no âmbito organizacional é o desenvolvimento de soluções criativas utilizando métodos de pesquisa centrados no usuário para atender aos desafios estratégicos da organização. A nível estratégico, Martin (2009) define que o *design thinking* é uma forma de pensamento que permite a criação de avanços em inovação e eficiência, combinação que produz uma vantagem competitiva mais poderosa para as empresas.

Esta inovação deve ser vista como uma ferramenta para transformar a cultura das organizações estando presente em todos os aspectos do negócio e entre cada membro da equipe construindo um ambiente totalmente engajado (Kelley & Littman, 2005). Logo, visando o estudo da aplicação da inovação alinhada à força da criatividade e engajamento de uma organização, esta pesquisa apresenta a abordagem da metodologia *design thinking* associada aos métodos DFM e DFA nos projetos de desenvolvimento de soluções de engenharia para intervenções submarinas na indústria de óleo e gás de uma empresa multinacional americana com base em Macaé, no estado do Rio de Janeiro, que aplica os conceitos de engenharia de sistemas no desenvolvimento de soluções para os clientes.

O objetivo geral desta pesquisa é analisar como metodologias de desenvolvimento de soluções de engenharia podem ser inseridas no processo de engenharia de uma empresa multinacional do segmento de óleo e gás para potencializar os resultados mediante aos desafios encontrados durante a execução dos projetos, em concordância com o método de pesquisa *soft design science research*. Esta análise busca inserir a metodologia *design thinking* no fluxo de engenharia de sistemas, visto que é o processo já utilizado pela empresa analisada, e associá-la ao método DFM e DFA que fazem parte dos conceitos de desenvolvimento de produto.



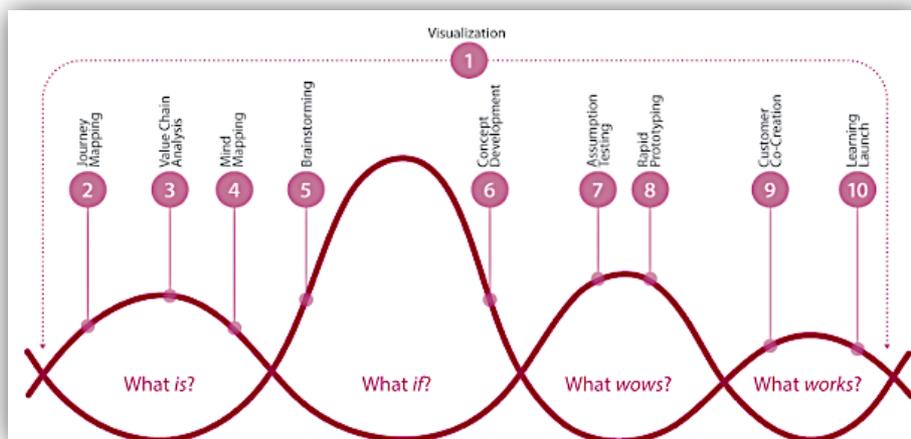
Para o alcance do objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos a seguir: a) identificar os desafios encontrados em cada etapa do processo de desenvolvimento de soluções de engenharia para intervenções submarinas de uma empresa do segmento de óleo e gás; b) implementar as ferramentas do *design thinking* ajustadas com as técnicas propostas pelos métodos DFM e DFA no processo atual de engenharia de sistemas da companhia avaliada para reduzir o impacto dos desafios encontrados; e, c) apresentar e analisar os resultados obtidos com a implementação da proposta desta pesquisa.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Definição de *design thinking*

Segundo Brown (2009), o *design thinking* pode ser estruturado em três estágios de inovação: inspiração, problema ou oportunidade que motiva a busca de soluções; idealização, o processo de geração, desenvolvimento e teste de ideias; e implementação, o caminho que vai da sala de projetos ao mercado. Os projetos podem percorrer esses espaços mais de uma vez enquanto a equipe refina suas ideias e explora novas direções. Diferente de Brown, Liedtka (2014) define que o *design thinking* pode ser ilustrado em quatro questões básicas que corresponde aos quatro estágios do processo conforme a figura 1 e pode ser associado à um conjunto de dez ferramentas que ajudam os gerentes a navegar no espaço de perguntas.

Figura 1. As quatro questões básicas.



Fonte: (Liedtka & Bennett, 2013).

Conforme apresentado pela figura 1, “*What is?*” examina a realidade atual, “*What if?*” utiliza o aprendizado do primeiro estágio para visualizar as opções para a criação de um novo futuro, “*What wows?*” auxilia os gerentes a fazerem algumas escolhas sobre onde focar primeiro e “*What works?*” direciona a equipe ao mundo real para interagir com os usuários reais por meio de pequenos experimentos (Liedtka, 2014).

#### 2.1.1 Inspiração

Embora seja verdade que os *designers* nem sempre procedem através de cada um dos três espaços de forma linear, geralmente, o processo de design começa com o espaço de inspiração, ou seja, o conhecimento do problema ou oportunidade que motiva as pessoas a buscarem soluções (Brown & Wyatt, 2010). De acordo com o guia desenvolvido pela empresa de



consultoria em inovação IDEO (2015), a definição das limitações do projeto é realizada nesta etapa.

Durante a etapa de inspiração, é necessário que haja a definição dos métodos de pesquisa como entrevistas com os usuários e especialistas, observação, mapeamento da jornada e analogia com outros segmentos para identificar a necessidade do usuário (Liedtka, 2014). Ainda nesta etapa, a elaboração de perguntas gatilho é essencial para auxiliar neste processo, tornando as conversas com os participantes do projeto mais assertivas (Liedtka & Bennett, 2013).

Por fim, destaca-se a importância de documentar o processo conforme ele se desenrola, gravando vídeos, preservando desenhos ou esboços com o objetivo de armazenar os documentos em algum diretório, ou então, através da pesquisa remota conforme proposta por Kumar (2013) com o objetivo de conectar os pesquisadores globalmente. Esta documentação registrará o processo de crescimento e o impacto de muitas mentes, o que pode ser útil durante avaliação de desempenho (Brown, 2009).

### 2.1.2 Idealização

O segundo espaço do processo do *design thinking* é a idealização. Após gastar tempo no campo observando e realizando a pesquisa, a equipe passa por um processo de síntese no qual destila o que foi visto e ouvido em percepções que podem levar a soluções ou oportunidades de mudança ajudando a multiplicar opções para criar escolhas e percepções diferentes sobre o comportamento humano (Brown & Wyatt, 2010).

De acordo com Martin (2007), durante esta etapa, o primeiro impulso é geralmente determinar qual dos modelos ou ideias propostas é a correta e qual é a errada, porém, ao invés de escolher uma ideia em detrimento a outra, é possível valorizar ambas as ideias, mesmo que opostas, para propor uma solução criativa. Esta metodologia foi definida por Martin (2007) como *integrative thinking*.

Desde a etapa de inspiração, algumas ações são tomadas, como colar notas adesivas na parede, *storytelling*, registro de fotos e vídeos das visitas à área, e essas ações servem para visualizar o cenário estudado (Brown & Wyatt, 2010). Entretanto, na idealização, é necessário encontrar uma relação com o que foi observado para identificar padrões, transformar temas em *insights* e aplicar uma estrutura visual às anotações (IDEO, 2015).

A geração de ideias é responsável por apresentar ideias que podem se tornar soluções para o desafio proposto. Segundo Brown (2009), uma das ferramentas utilizadas para esse processo de geração de ideias é a realização de um *brainstorming*, que é tão essencial para a criatividade quanto o exercício é para a saúde do coração, tornando possível que os integrantes da equipe apresentem possíveis soluções para enriquecer o projeto além de auxiliar cada membro a mostrar a sua perspectiva sobre a ideia.

Por último, a prototipagem é necessária para tornar as ideias tangíveis. A prototipagem gera resultados mais rapidamente visto que a maioria dos problemas com os quais vale a pena se preocupar é complexa, e uma série de experimentos iniciais costuma ser a melhor maneira de decidir entre as direções concorrentes (Brown, 2009). Adicionalmente à Brown, Liedtka e



Bennett (2013) definem que os protótipos do *design thinking* são frequentemente visualizações mais simples, como *storyboards*, fluxogramas ou mesmo slides em PowerPoint.

### 2.1.3 Implementação

O terceiro espaço do processo do *design thinking* é a implementação que é quando as melhores ideias geradas durante a idealização são transformadas em um plano de ação concreto e totalmente concebido (Brown & Wyatt, 2010). Após criar os protótipos na idealização, é necessário coletar o *feedback* dos usuários para implementar as melhorias no projeto.

Há pelo menos dois pontos em que são fundamentais falar com as pessoas: no início de um projeto para se inspirar e quando há protótipos, mini pilotos ou MVP (*minimum viable product*) para obter *feedback* de modo contínuo e de forma exploratória, ou seja, não é sobre a ideia está certa ou errada e sim como torná-la melhor (IDEO, 2015). Os protótipos existem para ver se o conceito original pode funcionar no mundo real e o MVP ou mini piloto busca envolver os primeiros usuários para identificar oportunidades de melhorar o conceito e de divulgar a outros usuários (Liedtka & Bennett, 2013).

Depois de coletar o *feedback* dos usuários e observá-los no contexto do MVP, é importante que as informações sejam sintetizadas para avaliar o progresso. Grande parte dessa iteração é sobre a reflexão visto que o designer estará constantemente entendendo o *feedback* e trabalhando com a equipe para construir a próxima iteração (IDEO, 2015). É necessário avaliar na organização onde a metodologia *design thinking* está sendo aplicada quais são os recursos necessários para avaliar o progresso nesta fase final do projeto.

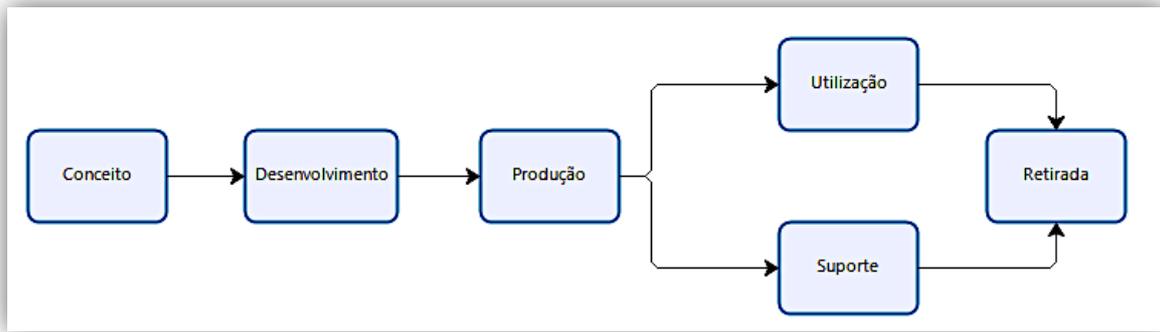
Após passar pelas etapas de inspiração e idealização, a reavaliação do conceito é a última etapa do espaço de implementação, onde é necessário integrar a solução à resposta das perguntas chave, avaliação do escopo original e de que forma a solução proposta atende a necessidade do usuário (IDEO, 2015). É importante ressaltar que o *design thinking* é iterativo e o retorno às etapas anteriores pode ser necessário para o aprimoramento das ideias.

## 2.2 Definição do conceito de engenharia de sistemas

Segundo a ISO/IEC/IEEE 15288:2015, a engenharia de sistemas é uma disciplina interdisciplinar na qual há a necessidade do esforço técnico e gerencial total para transformar um conjunto de necessidades, expectativas e restrições das partes interessadas em uma solução. Como engenheiro de sistemas, é vital desenvolver conhecimentos e habilidades que possam ser utilizados na realização de uma análise profunda de situações de problema ou oportunidade para as quais as respostas do sistema são necessárias (Walden *et al.*, 2015). A empresa analisada utiliza os conceitos propostos de engenharia de sistemas definidos pela ISO/IEC/IEEE 15288:2015 e apresentados na Figura 2.



Figura 2. Ciclo de vida genérico.



Fonte: ISO/IEC/IEE 15288:2015.

O estágio de conceito concentra as atividades de pesquisa exploratória para estudar novas ideias ou tecnologias que possam resolver o problema proposto, o estágio de desenvolvimento define o sistema de interesse que atende os requisitos das partes interessadas, o estágio de produção é onde o sistema é produzido ou fabricado, o estágio de utilização é onde o sistema é operado em seu ambiente pretendido para entregar os serviços pretendidos, o estágio de suporte é onde o sistema recebe serviços que permitem a operação contínua e o estágio de retirada é onde o sistema e seus serviços relacionados são retirados da operação (Walden *et al.*, 2015).

### 2.3 Associação do *design thinking* com métodos de desenvolvimento de produto

Apesar da abordagem de processo de engenharia desta pesquisa se basear no fluxo de engenharia de sistemas, quando há a ramificação para os componentes a serem sugeridos como soluções, os métodos definidos em desenvolvimento de produtos são utilizados para a proposição da solução, e neste contexto, as ferramentas do *design thinking* estão inseridas no fluxo de desenvolvimento de produto em projetos de inovação.

Ao comparar o *design thinking* com os métodos tradicionais de desenvolvimento de produto, Lógó e Orbulov (2021) mencionam que o *design thinking* difere dos métodos analíticos tradicionais de *design* centrado no usuário, concentrando-se em ir amplo nos estágios iniciais do *design* em vez das abordagens analíticas que estreitam as escolhas do *design*.

No âmbito de desenvolvimento de produto, *design for manufacturing* (DFM) e *design for assembly* (DFA) são os métodos de desenvolvimento de produto escolhidos nesta pesquisa que serão associados às ferramentas do *design thinking* para o desenvolvimento de soluções nos projetos apresentados. De acordo com Ulrich *et al.* (2020), DFM é uma das práticas mais integrativas envolvidas no desenvolvimento de produto através da utilização de vários tipos de informações, além de requerer contribuições da maioria dos membros da equipe de desenvolvimento e, frequentemente, também de especialistas externos, conforme exemplificado no Quadro 1.



**Quadro 1.** Descrição dos passos de DFM

PASSOS	DESCRIÇÃO DOS PASSOS
<b>1. Considerar as decisões estratégicas de fornecimento</b>	Definição da estratégia de fabricação e montagem considerando um ou múltiplos fornecedores.
<b>2. Estimar os custos de fabricação</b>	Aplicação de um modelo simples de entrada e saída de um sistema de manufatura e cadeia de suprimentos. Os insumos incluem matérias-primas, componentes adquiridos, esforços dos funcionários, energia e equipamentos. As saídas incluem produtos acabados e resíduos.
<b>3. Reduzir os custos de componentes</b>	Conhecimento da disponibilidade dos componentes para avaliar a melhor estratégia para fabricação e montagem, além da busca pela padronização dos componentes utilizados.
<b>4. Reduzir os custos de montagem</b>	DFA é um subconjunto estabelecido de DFM que envolve a minimização do custo de montagem através da fabricação de peças integradas que não precisam ser montadas ou técnicas que permitem uma redução do período de montagem. As peças podem ser: montadas a partir da parte superior, auto alinhadas, sem necessidade de orientação, montadas com uma mão, sem necessidades de ferramentas, montadas a partir de um único movimento linear ou fixadas imediatamente após a sua inserção.
<b>5. Reduzir os custos de suporte à produção</b>	Redução no número de peças exclusivas do projeto reduz as demandas de gerenciamento de estoque, além de que uma redução no conteúdo de montagem reduz o número de trabalhadores necessários para a produção, portanto, há a redução do custo de supervisão e gerenciamento de recursos humanos.
<b>6. Reduzir os custos de logística</b>	Busca pela redução dos custos de frete tornando a solução mais compacta possível para reduzir o custo de transporte além da viabilidade de redução dos custos de taxas aplicáveis sobre o produto completo ou em componentes importados.
<b>7. Considerar o impacto do DFM em outros fatores</b>	Avaliar as abordagens do DFM para o tempo de desenvolvimento, custo de desenvolvimento, qualidade do produto e na empresa como um todo, visto que minimizar o custo de fabricação não é o único objetivo do processo de desenvolvimento de produtos.

Fonte: Ulrich *et al.* (2020)

Por fim, nota-se que a abordagem a nível de sistemas foca nos processos de engenharia de sistemas, porém, no âmbito dos componentes dos sistemas, a inserção das ferramentas do *design thinking* associada ao método *design for manufacturing* e *design for assembly* no desenvolvimento de produto auxiliam na proposição das soluções de acordo com o tempo e custo definidos na fase inicial do projeto.

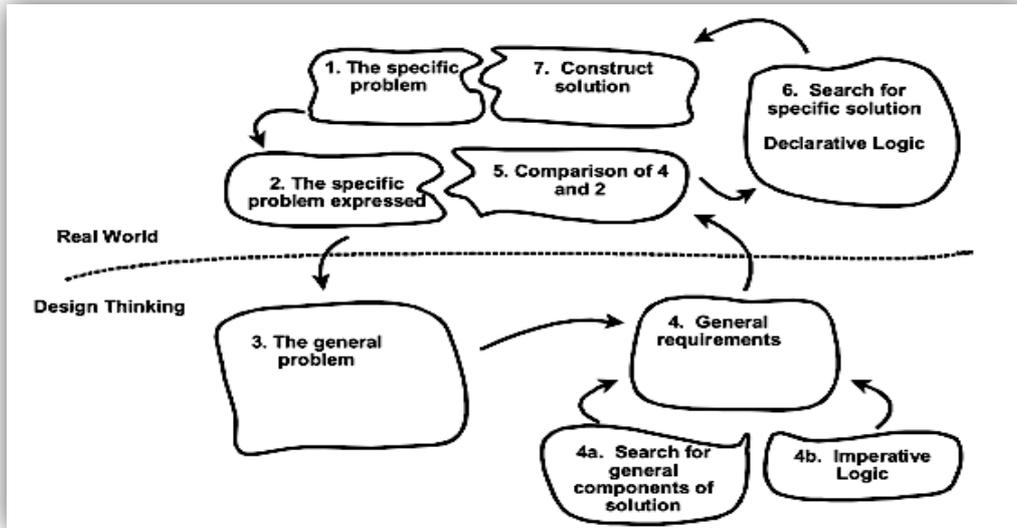
### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS

Este trabalho apresenta um viés prático, ou seja, a aplicação da metodologia *design thinking* no âmbito organizacional de uma empresa do segmento de óleo e gás, e a método de pesquisa escolhido baseia-se na importância em desenvolver um estudo que reduza o distanciamento da academia (teoria) com o que é aplicado nas organizações (prática). Visto que a proposta do *design thinking* é a resolução de problemas através, principalmente, do conhecimento da experiência do usuário, esta pesquisa foi estruturada seguindo as diretrizes propostas pelo método *soft design science research*.

De acordo com Baskerville *et al.* (2009), *soft design science research* distingue o mundo real do mundo dos sistemas abstratos, na qual a busca pela solução do design e a avaliação da solução de design são atividades que ocorrem no mundo abstrato do *design thinking*, enquanto a construção do artefato e sua avaliação são atividades que ocorrem no mundo real do sistema social em que o artefato se situa, conforme apresentado na Figura 3.



Figura 3. *Soft design science research*



Fonte: Baskerville *et al.* (2009).

O Quadro 2 apresenta a estrutura da metodologia *soft design science research* definida por Baskerville *et al.* (2009) comparando-a com a estrutura proposta desta pesquisa.

Quadro 2. Estrutura do método *soft design science research* adaptado à pesquisa.

Etapas	Método <i>Soft Design Science Research</i>	Proposta da Pesquisa
<b>1. O problema específico</b>	Um problema específico é identificado e delineado.	Desafios encontrados para entrega de projetos de intervenção submarina atendendo as necessidades definidas pelo cliente, tal como os prazos estipulados, sob a perspectiva da engenharia.
<b>2. O problema específico explícito</b>	O problema específico é definido como um conjunto de requisitos.	O produto desenvolvido pela engenharia deve atender as necessidades técnicas formalizadas pelo cliente e deve estar disponível na data acertada com o cliente.
<b>3. O problema geral</b>	No mundo dos sistemas, os requisitos para o problema são sistematicamente abstraídos e traduzidos em um problema geral com dimensões técnicas e sociais. O <i>design thinking</i> é aplicado sobre uma classe de problemas em vez de um problema específico de propriedade do cliente.	Revisão estruturada da literatura para busca de problemas similares e trabalhos correlatos publicados por outros pesquisadores.
<b>4. Requisitos gerais</b>	Uma solução geral de <i>design</i> , ou classe de soluções, para o problema geral é derivado do <i>systems thinking</i> e expressado em termos de requisitos gerais. Esta atividade envolve a combinação das técnicas do <i>design science</i> , tais como a procura por componentes gerais para a solução, utilizando a lógica imperativa.	Fundamentação teórica sobre a metodologia <i>design thinking</i> associada aos métodos DFM e DFA inserida nos processos de engenharia de sistemas.
<b>5. Comparação do problema específico e dos requisitos gerais</b>	Os requisitos gerais de projeto são comparados com o problema específico para ajustes. Nesta atividade, o problema específico é rearranjado em termos de requisitos gerais e lógicas imperativas.	Avaliação dos componentes gerais da solução para verificar a sua aplicabilidade nos problemas específicos de intervenção submarina na indústria de óleo e gás.



<b>6. Pesquisa sobre solução específica – lógica declarativa</b>	Uma busca declarativa é feita para os componentes que fornecerão uma instância viável de uma solução para os requisitos gerais. A busca declarativa torna-se necessária por dificuldades em operar a lógica imperativa.	Apresentação de como os componentes gerais da solução podem ser inseridos no processo da companhia atualmente, apontando os ajustes necessários para a sua inclusão.
<b>7. Construir solução</b>	Uma instância da solução específica é construída e implementada no sistema social. Desta forma, o problema é alterado, com uma melhora esperada, o aprendizado é derivado e o ciclo recomeça.	Proposta e aplicação da solução, coletando os pontos positivos e negativos através do feedback dos envolvidos nos projetos, como os departamentos de engenharia, compras, projetos e operação buscando identificar os benefícios da sua aplicação.

Fonte: Adaptado de Baskerville *et al.* (2009).

### 3.1 O problema específico

A etapa 1 apresenta o problema específico de uma empresa do segmento de óleo e gás que, de acordo com esta pesquisa, possui desafios para a entrega de projetos de intervenção submarina em concordância com os prazos e necessidades estipulados pelo cliente. O problema específico é apresentado no capítulo de introdução desta pesquisa.

### 3.2 O problema específico explícito

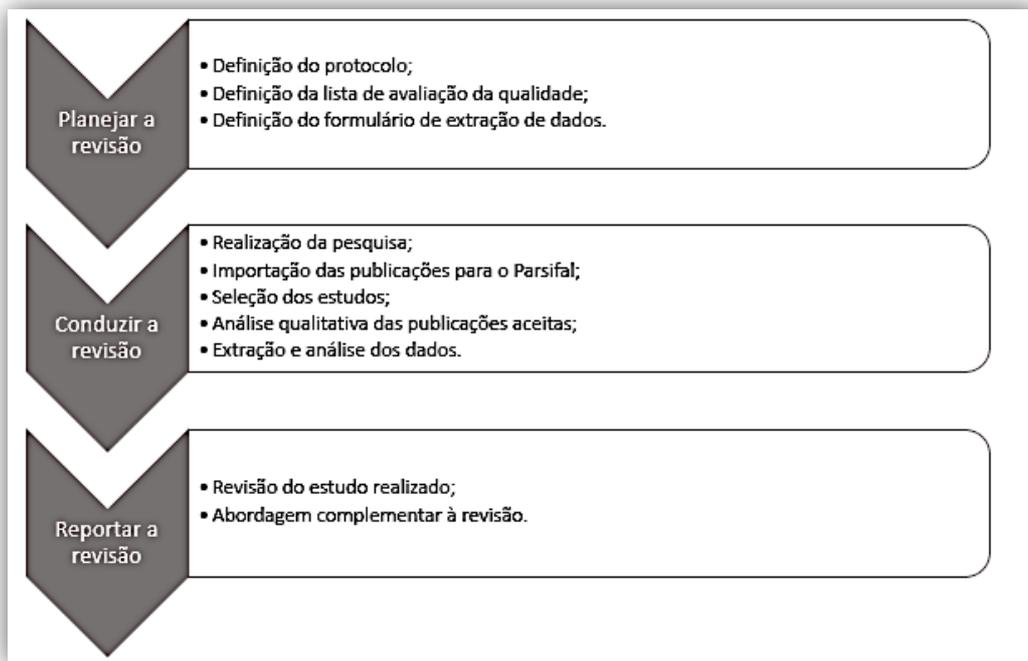
A etapa 2 estabelece o conjunto de requisitos necessários para corrigir o problema específico desta pesquisa. Neste caso, a solução proposta deve ser inserida no processo da companhia para que atenda às necessidades técnicas e o prazo estipulado pelo cliente. Este passo é detalhado no capítulo de fundamentação teórica em que há a apresentação da metodologia *design thinking* e dos métodos DFM e DFA, além do conceito de engenharia de sistemas, requisitos mandatórios para correção da situação problema.

### 3.3 O problema geral

A etapa 3 busca identificar o problema geral que é apresentado através da revisão estruturada da literatura de acordo com os conceitos propostos por Kitchenham e Charters (2007) para busca de problemas similares e trabalhos correlatos de acordo com a estrutura de revisão proposta na ferramenta *online* Parsifal (Figura 4).



Figura 4. Definição das etapas da revisão estruturada da literatura.



Fonte: Adaptado de Kitchenham e Charters (2007) e da ferramenta *online* Parsifal.

As bases de estudo Scopus e *Web of Science* foram utilizadas para a procura das *strings* definidas no protocolo. Além disso, fontes externas às bases de dados como livros sobre o *design thinking* e algumas referências de artigos mencionados nestes livros também foram utilizadas. Neste último caso, a string de busca estaria relacionada mais com o *design thinking* do que com a sua implementação na indústria de óleo e gás conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Publicações associadas aos conceitos de *design thinking* ao setor de óleo e gás.

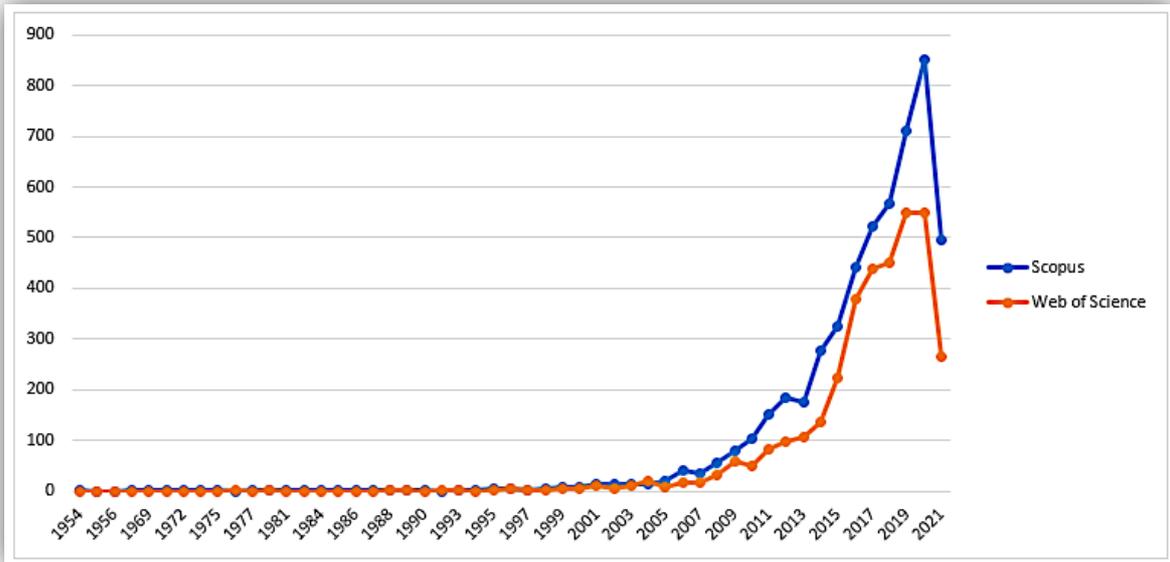
<i>Strings</i>	Scopus	Web of Science
“ <i>design thinking</i> ” AND “ <i>oil and gas</i> ”	0	1
“ <i>design thinking</i> ” AND “ <i>oil</i> ”	12	10
“ <i>design thinking</i> ” AND “ <i>Remotely Operated Vehicle</i> ”;	0	0
“ <i>design thinking</i> ” AND “ <i>offshore</i> ”	4	4
“ <i>design thinking</i> ”	5.153	3.538

Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa realizada em 30 de agosto de 2021.

Nesta análise quantitativa, constata-se na Figura 5 que há um aumento de publicações sobre *design thinking* a partir de 2007 e 2008, após as publicações de Roger Martin e Tim Brown. Além disso, é importante ressaltar que as publicações sobre *design thinking* antes de 2007 eram tratadas no sentido literal da palavra sem associação à uma abordagem metodológica para auxiliar no desenvolvimento de novas soluções.



Figura 5. Publicações sobre *design thinking* nas bases Scopus e Web of Science.



Fonte: Scopus e *Web of Science* em 30 de agosto de 2021.

O Quadro 3 sintetiza os resultados da revisão estruturada da literatura realizada nas bases de estudo e nos livros de autores reconhecidos pela publicação sobre o tema.

Quadro 3. Agrupamento dos autores das publicações aceitas na análise qualitativa.

Classificações dos estudos	Autores
Abordagem do <i>design thinking</i> na indústria de óleo e gás.	Kritsadativud <i>et al.</i> (2017); Mikkelsen e Lange (2017); Neal <i>et al.</i> (2010); Caluri <i>et al.</i> (2019).
Abordagem conceitual de <i>design thinking</i> sem aplicação na indústria de óleo e gás.	Kelley e Littman (2005); Brown & Wyatt (2010); Kelly e Littman (2001); Brown (2008); Brown (2009); Martin (2009); Leavy (2011); Liedtka <i>et al.</i> (2013); Liedtka (2014); Gobble (2014); IDEO (2015); Martin e Euchner (2012); D. Kelley & Kelley (2013); Corrales - Estrada (2019); Liedtka e Ogilvie (2011); Johansson-Skoldberg <i>et al.</i> (2013); Kummitha (2018); Holubchak (2020); Carr <i>et al.</i> (2010); Boisvenue-Fox e Meyer (2019); Cankurtaran e Beverland (2020); Doorley <i>et al.</i> (2018); Xu <i>et al.</i> (2021); Kumar (2013); Goldberg (2015); Simon (1996).
Abordagem do <i>design thinking</i> sem detalhamento conceitual e sem aplicação na indústria de óleo e gás.	Riel e Martin (2017); Geissdoerfer <i>et al.</i> (2016); Camacho (2016); Tomkoria (2016); Al Hamed e Nair (2016).

Fonte: Autores (2022).

Ao avaliar o grupo dos autores que abordam o *design thinking* na indústria de óleo e gás, observa-se uma diferença entre as abordagens da metodologia. Enquanto Kritsadativud *et al.* (2017) e Mikkelsen e Lange (2017) abordam o *design thinking* de forma superficial na indústria de óleo e gás, ou seja, sem detalhamento dos conceitos do método, Neal *et al.* (2010) apresentam o conceito de *design thinking* nos processos de *downstream* da indústria de óleo e gás. Porém, Neal *et al.* (2010) priorizam a evolução do design no projeto estudado e não há referência para a definição feita por Brown (2008). Adicionalmente, Caluri *et al.* (2019) apresentam a transformação digital na indústria de óleo e gás e cita que sessões de *design thinking* podem auxiliar nessa mudança, apesar de não definir como seriam essas sessões.



Dentre os autores que definem o *design thinking* como uma metodologia, destacam-se Brown (2008), que define as etapas do método e Liedtka (2014), que detalha as ferramentas úteis para o *design thinking*. Manuais elaborados pela IDEO (2015) e Doorley *et al* (2018) auxiliam no entendimento de todas as etapas que compõe a metodologia. Na aplicação da metodologia no ambiente dos negócios, Martin (2009) busca associá-la à relação corporativa nas empresas adicionando os conceitos do *integrative thinking* (Riel & Martin, 2017). Apesar da terminologia *design thinking* ter sido definida como um método pelo professor David Kelley conforme apresentado por Brown (2009), técnicas para a execução das etapas de design já eram apresentadas por Simon (1996) antes da definição da terminologia *design thinking* como uma metodologia.

A inserção de autores que não detalham o conceito do *design thinking* e nem mencionam a indústria de óleo e gás não os excluem da análise qualitativa desta revisão estruturada, visto que as publicações apresentam conceitos adicionais ao *design thinking*, como a abordagem feita por Riel e Martin (2017) ou entrevistas realizadas com o professor David Kelley (Camacho, 2016).

Por fim, foi verificado na análise qualitativa das publicações que o *design thinking* é apresentado como uma metodologia para potencializar os resultados do processo de design, porém, existem outras ferramentas similares às aplicadas no *design thinking* que são utilizadas por diversos autores, mas não são referenciadas à definição da terminologia *design thinking* publicada por Brown (2008).

### **3.4 Requisitos gerais**

A etapa 4 tem por finalidade identificar uma solução geral, ou uma classe de soluções, para corrigir o problema geral. O capítulo de fundamentação teórica auxilia na identificação da classe de soluções possíveis.

### **3.5 Comparação do problema específico e dos requisitos gerais**

A comparação dos requisitos gerais com o problema específico é fundamental na etapa 5 para avaliar se os componentes propostos para solução podem ser aplicáveis no projeto estudado da empresa do segmento de óleo e gás. Esta comparação está incluída no capítulo de apresentação e análise dos projetos estudados nesta pesquisa.

### **3.6 Pesquisa sobre solução específica – lógica declarativa**

A etapa 6 descreve como os componentes gerais da solução podem ser inseridos no processo atual de engenharia da companhia estudada através de ajustes necessários para a comprovação da sua eficácia. Os ajustes citados na etapa 6 são descritos no capítulo de apresentação e análise dos projetos estudados desta pesquisa.

### **3.7 Construir solução**

A etapa 7 constrói e executa a solução com o objetivo de coletar os pontos positivos e negativos dos departamentos envolvidos na sua aplicação para identificação dos benefícios da solução proposta. A solução proposta e os resultados são estruturados no capítulo de apresentação e análise dos projetos estudados.



## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PROJETO

Conforme apresentado nesta pesquisa, as ferramentas do *design thinking* foram inseridas no desenvolvimento de soluções para intervenções submarinas da empresa estudada para potencializar os resultados do processo de engenharia utilizado pela companhia. Através da identificação dos processos de desenvolvimento desta empresa, este capítulo busca associar os conceitos teóricos das ferramentas de *design thinking* com os conceitos práticos da aplicação destas ferramentas que foram inseridas nas abordagens utilizadas em engenharias de sistemas e no desenvolvimento de produto.

### 4.1 Descrição geral do processo

O processo de desenvolvimento de soluções para intervenções submarinas da empresa analisada é dividido em seis subprocessos: elaboração da proposta técnica e comercial, levantamento de necessidades e requisitos do projeto, elaboração do *design* conceitual da solução, elaboração do *design* detalhado da solução, montagem e testes finais de aceitação e suporte operacional. A Figura 6 apresenta a relação desses processos com os espaços de inovação do *design thinking*.

Figura 6. Processo de desenvolvimento de soluções para intervenções submarinas.



Fonte: Autores (2022).

A demanda é inicializada pela equipe de propostas ao enviar a solicitação de avaliação do escopo ao departamento de engenharia, departamento onde há o conhecimento para definir se a empresa possui capacidade técnica para a execução do escopo. Caso seja de interesse da organização, há a elaboração da proposta técnica e comercial pelos departamentos de engenharia e comercial. Dentro do espaço de inspiração, a etapa de elaboração da proposta técnica e comercial inclui o recebimento da demanda do cliente e análise inicial do escopo de trabalho que pode ser ofertado.

O estágio de levantamento de necessidades e requisitos do projeto ocorre quando a etapa comercial for finalizada e já há um contrato vigente movendo o escopo da fase comercial para a fase de projeto. Neste estágio, há a confirmação dos requisitos e necessidades avaliados na etapa comercial para gerar as funções que a solução proposta pela engenharia deva atender conforme a expectativa do cliente. Ambas as etapas avaliadas estão relacionadas ao espaço de inovação de inspiração em que é necessário entender o problema do cliente.



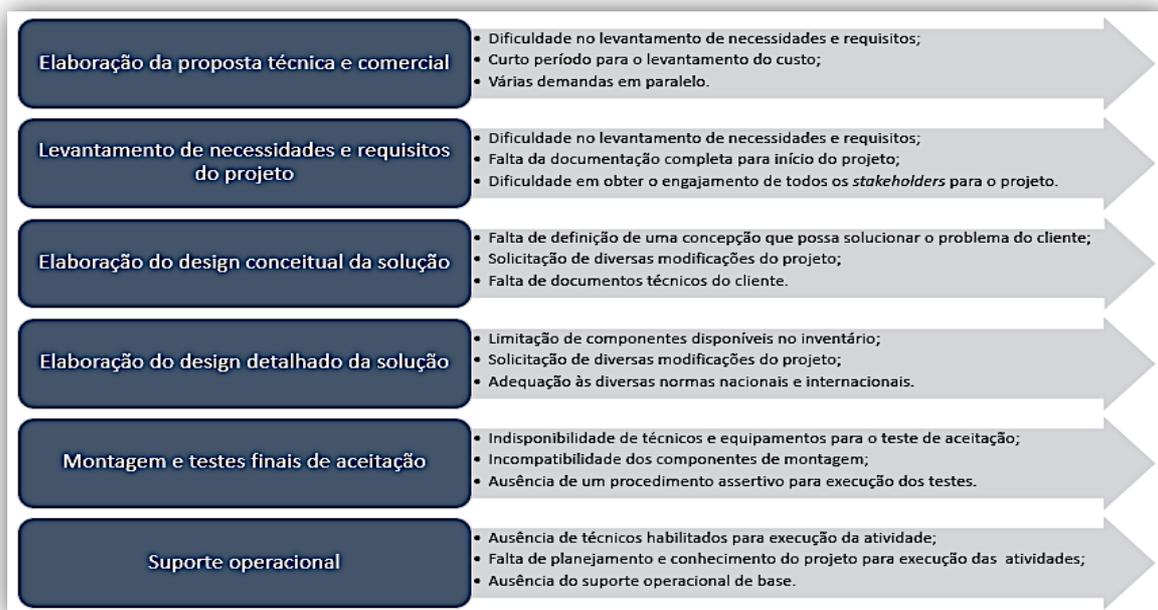
A elaboração do *design* conceitual da solução está inserida no espaço de inovação de idealização do *design thinking* e consiste na modelagem do produto em software apropriado sem a necessidade de prover detalhes de fabricação. O objetivo neste estágio é trazer os requisitos e necessidades do projeto para um modelo inicial de produto que será melhorado e detalhado nos estágios seguintes.

O *design* detalhado da solução consiste em utilizar o conceito da solução proposta como base para geração de desenhos de fabricação detalhados em que verificações de interfaces com os equipamentos do cliente são necessárias para manter a assertividade do projeto. O *design* detalhado é a última etapa antes de iniciar a fabricação da solução proposta. Tanto o *design* conceitual quanto o detalhado fazem parte do espaço de inovação de idealização do *design thinking*.

A etapa de montagem e testes finais de aceitação está relacionada a fabricação da solução proposta e a validação do produto que atende as necessidades do cliente. Essa etapa está inserida no terceiro espaço do processo do *design thinking* que é a implementação, onde, de acordo com Brown e Wyatt (2010), é quando as melhores ideias geradas durante a idealização são transformadas em um plano de ação concreto e totalmente concebido visto que a modelagem realizada na etapa anterior está se tornando em algo tangível que pode ser validado e comprovado a eficácia do produto desenvolvido.

A última etapa executada pela engenharia é o suporte operacional, estágio em que o produto está sendo utilizado pelo cliente para solucionar o problema apresentado e há a necessidade do suporte da engenharia, seja para o treinamento da equipe operacional que vai executar o serviço ou então, o suporte devido à alguma dúvida técnica que possa surgir durante a operação. Esta etapa ainda faz parte do processo de implementação visto que melhorias podem ser capturadas durante este estágio. Os desafios encontrados em todas etapas estão apresentados na Figura 7.

Figura 7. Desafios encontrados nos processos da empresa analisada.



Fonte: Autores (2022).



## 4.2 Detalhamento das etapas do processo

### 4.2.1 Elaboração da proposta técnica e comercial

Os desafios encontrados neste estágio do processo estão relacionados à dificuldade em possuir todas as informações necessárias do cliente para elaboração dos custos do projeto. A interface com o cliente durante esta etapa nem sempre é feita com a área técnica do cliente e informações incorretas devem ser filtradas pelo departamento de engenharia através de questionamentos ao cliente buscando esclarecer todas as dúvidas presentes até o momento.

O curto período para o levantamento de todos os custos do projeto está presente nas fases de cotações em que o cliente determina um prazo para a submissão da proposta, mesmo que as vezes, nem todas as informações de projetos estejam disponíveis para a elaboração de uma proposta técnica e comercial. Além disso, como as atividades de levantamento de custos de projetos pela equipe de engenharia de vendas da empresa apresentam um histórico elevado de demandas em um curto período de tempo, o planejamento de inúmeras demandas em paralelo é fundamental para que não ocorra atraso na submissão da proposta na data solicitada pelo cliente. Nesta etapa do processo, as ferramentas de visualização, *brainstorming*, análise de cadeia de valor e desenvolvimento de um conceito preliminar da solução auxiliam na execução das atividades dentro do prazo estabelecido.

A visualização permite ao engenheiro de vendas analisar a especificação técnica enviada pelo cliente e buscar referências de operações realizadas no passado para atender as necessidades e requisitos solicitados. Dentro da visualização, é possível utilizar o *benchmarking* para verificar se esse escopo já foi executado anteriormente pela companhia ou por outras empresas.

O *brainstorming* auxilia na identificação de especialistas técnicos no assunto dentro da companhia caso não seja dominado pelo engenheiro de vendas. Neste caso, engenheiros, coordenadores operacionais, supervisores e técnicos devem ser envolvidos em reuniões para filtrar as informações necessárias para a elaboração das propostas técnicas e comerciais.

A análise da cadeia de valor identifica a cadeia de valor que suporta o projeto que será executado. O envolvimento de outros departamentos, como os setores de compras, logística, comércio exterior, financeiro e operacional na fase comercial do projeto é essencial para o desenvolvimento da solução.

O desenvolvimento de um conceito preliminar é caracterizado por buscar possíveis soluções já existentes na companhia que tenham alguma similaridade com a solução proposta sem ter a necessidade de elaborar um modelo 3D nesta etapa ou propor soluções detalhadas. Este *insight* facilita no levantamento de custo da solução proposta baseada em soluções similares, porém, nota-se a importância de definir uma contingência visto que a solução não é idêntica aos outros projetos já executados pela companhia e esta relação de similaridade é aplicada às funções específicas de atuação da solução proposta.

### 4.2.2 Levantamento de necessidades e requisitos do projeto

Nesta etapa, a oportunidade comercial listada no estágio anterior já se tornou projeto, na qual o gerente de projeto assume a liderança na sua execução sendo a engenharia responsável pela solução proposta para o atendimento as necessidades do cliente. Em grande parte das



oportunidades neste estágio, o cliente apresenta a necessidade, ou seja, relata o problema que possui, mas não há uma listagem de requisitos mandatórios visto que o cliente está interessado somente na solução do problema apresentado. Mesmo assim, ainda existem informações técnicas insuficientes, seja pela falta de documentos ou pendências de esclarecimento do problema, que devem ser elucidadas pela engenharia para a elaboração da solução.

Apesar da necessidade de envolver todos os departamentos no início do projeto, existem dificuldades de reuni-los devido a disponibilidade dos integrantes dos departamentos, e algumas ferramentas de *design thinking* auxiliam nesta execução mesmo com os desafios encontrados.

A visualização identifica os detalhes das necessidades e requisitos do cliente buscando estruturar a descrição do problema apresentado. O mapeamento da jornada, através da empatia, busca se colocar na posição do cliente para entender de que forma o problema está impactando as suas atividades, estabelecendo uma relação de confiança com o cliente ao se colocar na posição do usuário final. A análise da cadeia de valor permite que a engenharia defina os responsáveis por cada departamento para procurá-los em caso de dúvidas e o *brainstorming* junta os especialistas técnicos e o cliente para a busca do entendimento do problema. Neste momento, a proposta não é criar soluções e sim, esclarecer o problema para que as soluções possam ser idealizadas no próximo estágio.

Na etapa anterior, as necessidades e requisitos são apresentadas de forma genérica para que possa ser apresentada uma proposta técnica e comercial o mais fidedigna possível com a necessidade do cliente. Porém, é nesta etapa de levantamento de necessidades e requisitos que os detalhes são inseridos no âmbito do projeto para que evite retrabalhos no futuro.

A empresa analisada possui níveis de revisões de *design* em que há a formalização das discussões técnicas durante todo o projeto. Essas revisões de *design* são realizadas através de reuniões com as equipes de projetos, operações, engenharia e qualidade para avaliar os requisitos e necessidades, enfoque deste estágio, e os conceitos detalhados da solução, que serão realizados nos próximos estágios.

#### **4.2.3 Elaboração do *design* conceitual da solução**

O *design* conceitual está associado a possíveis soluções que possam atender a demanda do cliente. Não há a necessidade de detalhes de fabricação do projeto neste estágio, mas é importante elaborar um conceito, ou seja, uma ideia que possa atender a demanda solicitada. A interface entre a engenharia e a equipe operacional nesta etapa é essencial para que não existam idas e vindas de concepções propostas

A falta de definição de uma concepção que possa solucionar o problema do cliente pode ser causada por uma ausência de clareza na definição do projeto. Apesar da necessidade de participação da equipe operacional, é importante limitar o número de participantes para que a proposição de ideias não se torne algo interminável. Outros desafios podem ser encontrados neste estágio, tais como a solicitação de diversas modificações do projeto que representa as idas e vindas de ideias não assertivas ou até a falta de documentações técnicas do cliente que servem para propor uma concepção que atenda aos requisitos e necessidades. A visualização,



*brainstorming*, mapa mental e o desenvolvimento de conceito surgem como ferramentas do *design thinking* aplicáveis para esta etapa.

A visualização da operação, ao se colocar na posição de quem opera a ferramenta submarina, torna a elaboração de um conceito mais objetiva. No *brainstorming*, é possível identificar que a participação de uma equipe multidisciplinar é essencial para a criação do conceito visto que as áreas de engenharias e operações se complementam na geração de ideias de valor ao projeto buscando discuti-las para chegar na melhor ideia proposta. O mapa mental pode ser estruturado em diversos modelos, porém, no âmbito da engenharia da indústria de óleo e gás, a criação de um diagrama de blocos que apresenta as funções que a ferramenta executará, auxilia na definição do conceito que será trabalhado. Por fim, o desenvolvimento de conceito junta todos os pontos discutidos neste estágio e coloca no formato de conceito, seja um desenho 2D ou 3D, que possa se tornar tangível no futuro.

#### 4.2.4 Elaboração do *design* detalhado da solução

Neste momento, o importante é trazer o *design* conceitual elaborado na etapa anterior para um projeto mais detalhado em que apresente dimensões factíveis e vinculadas ao projeto em que critérios de *design* são incluídos para uma abordagem detalhada da solução proposta visto que é a última etapa antes da fabricação do produto.

Ao levar o projeto para uma abordagem mais realista, considerando os recursos disponíveis no local, nota-se que alguns desafios como a limitação de componentes cadastrados no inventário reduzem as opções da modelagem de uma solução. Outros impeditivos como a solicitação de mudança do projeto por outros departamentos e o atendimento do projeto à várias normas nacionais e internacionais podem dificultar a execução desta etapa. O *design thinking* associado aos passos do DFM podem auxiliar nesta etapa através da utilização de ferramentas específicas do *design thinking* como o teste das premissas, prototipagem rápida e cocriação de clientes associados à estimativa de custos de fabricação, redução dos custos de componentes e montagem.

O teste das premissas permite a identificação das proposições que conduzirão o sucesso e o fracasso do conceito para que sejam levadas para os detalhes de fabricação. Alguns métodos como o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) auxiliam na identificação dos modos de falha da solução proposta e na apresentação das medidas mitigadoras para evitar estas falhas. Além disso, para manter a entrega do produto dentro do prazo definido com o cliente, conforme o passo de redução dos custos de componentes do DFM, é importante um esforço da engenharia com o departamento de *supply chain* para que a lista de material do produto seja elaborada baseada nos itens cadastrados no inventário da companhia no Brasil e haja padronização dos componentes utilizados conforme a estratégia de fornecimento local.

A prototipagem rápida elabora um conceito detalhado de forma tangível para a execução da solução proposta. Desenhos 3D podem ser gerados e posicionados no arranjo geral disponibilizado pelo cliente para garantir que a interface entre a solução proposta e os equipamentos submarinos estejam de acordo com os requisitos. A impressão 3D de alguns componentes e a elaboração das etapas de execução da atividade podem simplificar a operação ao apresentar à equipe operacional e ao cliente.



A cocriação de clientes é representada através da participação do cliente, seja interno ou externo, para que o *design* detalhado atenda as expectativas da operação e haja o engajamento por todos no projeto com o objetivo de buscar a melhor solução dentre as opções viáveis do projeto.

#### **4.2.5 Montagem e testes finais de aceitação**

Após o *design* detalhado da solução proposta, os fornecedores são responsáveis pela fabricação de acordo com os requisitos definidos pela engenharia nas documentações enviadas pelo departamento de compras. Após a fabricação dos componentes, é executado a montagem e o teste final de aceitação.

Durante esta etapa, algumas dificuldades são encontradas como a indisponibilidade de técnicos e equipamentos para a execução do teste de aceitação devido as altas demandas de projetos, incompatibilidade dos componentes de montagem e a ausência de um procedimento assertivo para execução dos testes. Para este estágio, as ferramentas de *design thinking* visualização e lançamento de aprendizagem associadas ao passo de redução do custo de montagem do DFA são fundamentais para a inclusão no desenvolvimento da solução.

A visualização, neste estágio, pode ser realizada através do registro fotográfico ou vídeos durante os testes de aceitação que auxiliam na implementação de melhorias no futuro. O acompanhamento do teste pelo engenheiro do projeto em conjunto com a equipe operacional que participou do desenvolvimento e o planejamento de recursos pela equipe de projetos são fundamentais para o sucesso, tal como a validação pelo departamento de qualidade. Lembrando que é necessário a apresentação do desenho de montagem ao técnico para que a montagem possa ser realizada conforme definido pela engenharia com o objetivo de reduzir o tempo de montagem. A participação do cliente no teste é necessária para a avaliação do atendimento às expectativas do projeto.

Com o lançamento da aprendizagem é possível avaliar as lições aprendidas durante a execução do teste de aceitação com o objetivo de implementar melhorias no projeto até a mobilização do produto para a operação. As melhorias devem ser registradas no software disponibilizado pela companhia e serem controladas como demandas pendentes de liberação do produto para o cliente.

#### **4.2.6 Suporte Operacional**

A última etapa no processo de desenvolvimento de uma solução de engenharia na empresa avaliada é o suporte à equipe de operações na execução das atividades solicitadas pelo cliente. A engenharia é responsável por fornecer este suporte enquanto a equipe operacional executa de acordo com os procedimentos previamente elaborados.

Nesta etapa, é possível identificar desafios como a ausência de técnicos habilitados para a execução da atividade, a falta de planejamento e conhecimento do projeto pelos executantes e a ausência do suporte operacional de base. Ao utilizar as ferramentas de *design thinking* propostas, os riscos dos problemas operacionais podem ser reduzidos com a visualização e o lançamento de aprendizagem.



O ato de observar a operação na visualização está presente no acompanhamento da atividade pelos supervisores devidamente treinados e que possuem o conhecimento para o suporte de imediato. A importância em reduzir o tempo de resposta é fundamental para o sucesso da implementação da solução tal como o planejamento de recursos para a execução.

O lançamento de aprendizagem faz parte do processo de melhoria contínua da empresa durante a prestação do serviço e as melhorias do *design* são coletadas e implementadas pela engenharia para posteriormente serem incluídas no banco de dados da companhia.

### 4.3 Apresentação dos Resultados

Com o objetivo de avaliar os resultados da implementação do *design thinking*, cinco projetos da empresa analisada foram escolhidos para que as ferramentas do *design thinking* propostas fossem inseridas (Quadro 4).

**Quadro 4.** Projetos escolhidos para implementação do *design thinking*.

Projetos	Descrição
Desenvolvimento de ferramenta de remoção de <i>jumper</i> elétrico	Desenvolvimento de ferramenta submarina capaz de remover <i>jumper</i> elétrico em que há a presença de calcário impedindo que o <i>jumper</i> seja removido com o manipulador de ROV ( <i>Remotely Operated Vehicle</i> )
Desenvolvimento de soluções para instalação de <i>clamp</i> submarino	Instalação de <i>clamp</i> submarino por ROV em embarcação sem disponibilidade de guindaste submarino
Desenvolvimento de ferramenta submarina <i>Steering Wheel Actuator</i>	Desenvolvimento de ferramenta capaz de atuar via ROV válvulas submarinas inicialmente projetadas para atuação com mergulhadores
Desenvolvimento de unidade dragagem instalada em ROV <i>skid</i>	Instalação de uma unidade dragagem em um <i>skid</i> de ROV para uma operação submarina
Reaproveitamento de fluido de controle para operação de completação	Projeto de reaproveitamento de fluido de controle para as operações de completação de poços submarinos

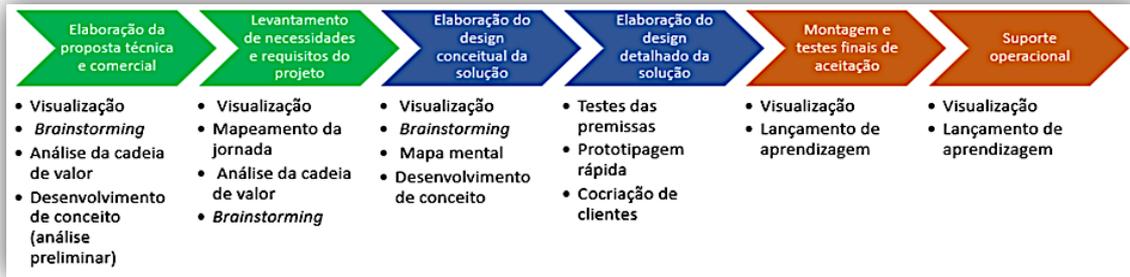
Fonte: Autores (2022).

Os resultados obtidos após a aplicação da metodologia *design thinking* nos cinco projetos apresentados foram avaliados de acordo com a utilização das ferramentas do *design thinking* em cada subprocesso de desenvolvimento de solução da empresa analisada no segmento de intervenção submarina para a coleta dos benefícios da aplicação da metodologia com a equipe envolvida no projeto.

A Figura 8 sintetiza as ferramentas utilizadas em cada subprocesso, entretanto, é importante ressaltar que ajustes foram realizados para a adequação aos processos da empresa avaliada. Conforme definido nesta pesquisa, a utilização do *design thinking* é complementar aos processos atuais e a sua aplicação busca aproximar a solução do usuário final para garantir a eficácia do produto no tempo determinado pelo projeto.



**Figura 8.** Dez ferramentas de *design thinking* no processo atual de engenharia.



Fonte: Autores (2022).

Após a análise dos projetos e a identificação das ferramentas utilizadas em cada subprocesso, foram realizadas entrevistas com os participantes dos projetos em que o *design thinking* foi aplicado para coletar benefícios que os participantes identificaram na aplicação da metodologia. Foram entrevistados 13 colaboradores da empresa estudada, onde 11 eram engenheiros, um comprador e um coordenador de projeto entre os dias 24 e 27 de janeiro de 2022. A pergunta da entrevista era “quais os aspectos positivos e negativos da aplicação do *design thinking* no processo de engenharia nos projetos analisados nesta pesquisa?” (Quadros 5 e 6).

**Quadro 5.** Aspectos positivos da aplicação do *design thinking*.

Aspectos positivos	Cargo do Colaborador
Aproxima o <i>designer</i> ao solicitante auxiliando no processo de construção da solução.	Engenheiro
A iteração entre as etapas permite esclarecer os requisitos do projeto.	
Inclusão do <i>brainstorming</i> e do seu gerenciamento nas revisões de <i>design</i> com a equipe operacional foram fundamentais para coleta do real cenário offshore.	
Aproximação do engenheiro com a equipe operacional permite corrigir de imediato qualquer desvio das necessidades do projeto.	
A simples prototipagem, como um desenho em papel A4, auxilia no início do desenvolvimento de conceito.	
O contato direto com o cliente (interno ou externo) facilita no entendimento das necessidades para que os requisitos de engenharia estejam claros.	
Oportunidade de envolver a alta gerência nos problemas rotineiros vividos pela equipe operacional através da apresentação da proposta de melhorias.	
Melhor entendimento por parte da engenharia quanto às necessidades reais do projeto. A aproximação das equipes de engenharia e operações permite que o engenheiro consiga distinguir melhor o que são necessidades reais do projeto em relação às necessidades pessoais do cliente.	
O trabalho em equipe permitiu uma interação melhor entre os colaboradores além do compartilhamento de conhecimento entre os engenheiros mais experientes e os mais novos.	
O entendimento dos tempos improdutivos nas manutenções realizadas na base auxiliou na elaboração dos requisitos dos projetos de melhoria operacional.	
Melhor interface entre projetos e engenharia desde o início do projeto.	Coordenador de projeto
Acompanhamento periódico da evolução do cronograma junto à engenharia.	
Suporte de compras foi diferenciado para agilizar a interface com o fornecedor.	
Menor índice de falhas operacionais.	Comprador
Interface mais facilitada e com menor tempo com os fornecedores.	
Aproximação do comprador com o engenheiro do produto, principalmente na etapa de levantamento de requisitos, para construir uma solução com os materiais disponíveis em estoque nos fornecedores no Brasil evitando uma quantidade significativa de concessões de projeto.	



**Quadro 6.** Aspectos negativos da aplicação do *design thinking*.

Aspectos Negativos	Cargo do Colaborador
A metodologia causa impressão ao cliente de que todos os requisitos serão satisfeitos com esforço baixo ou moderado.	Engenheiro
A participação contínua do cliente durante a elaboração do design atrapalha algumas ações pois constantemente o requisito foi alterado pelo cliente durante a modelagem do conceito, tornando o projeto mais caro e por vezes, não alcançando o prazo estipulado. Neste caso, o projeto sempre retornava à etapa de levantamento de requisitos para ser reavaliado. Em situações como esta, o cliente achava que era o <i>designer</i> , enquanto na verdade, precisava apresentar as reais necessidades do projeto.	
A indisponibilidade do técnico pode atrasar as atividades previstas para engenharia pois não há como prosseguir com as etapas do <i>design thinking</i> sem as informações essenciais do projeto. Aumento da expectativa da equipe operacional quanto a resolução de problemas do dia a dia. O engenheiro consegue modelar a solução, porém não pode garantir a execução visto que esta decisão pertence aos gerentes operacionais e de projetos devido ao custo associado.	

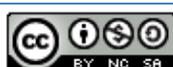
Fonte: Autores (2022).

Nota-se que da perspectiva da equipe de projeto, através do coordenador, há o relato do menor índice de falhas operacionais e menor tempo de fabricação de componentes com os fornecedores, porém, não foram apresentados, pelo coordenador de projetos, os indicadores que comprovem essa diminuição. Segundo o coordenador, esta resposta foi baseada na comparação com outros projetos que apresentaram falhas operacionais e atrasos na entrega, logo, como não houve atraso ou falha operacional nos projetos citados, o coordenador considerou como um fato positivo na resposta da entrevista.

Após as respostas realizadas na entrevista, foi possível ratificar que a abordagem do *design thinking* possui enfoque no aspecto social no andamento do projeto buscando conectar todos os envolvidos em busca de uma solução que atenda às necessidades operacionais, prazo e custo. As respostas dadas pelos engenheiros durante os projetos comprovaram que ao mesmo tempo que o *design thinking* pode auxiliar na elaboração de uma concepção, também pode impactar no andamento do projeto se não houver a presença da liderança que interfira nas discussões entre os departamentos para retornar o projeto aos prazos iniciais definidos, visto que, a área operacional busca, em algumas ocasiões, soluções em que o custo será inviável para a conclusão do projeto.

É importante ressaltar que alguns benefícios citados pelo comprador e o coordenador de projeto fazem parte do método DFM aplicado no desenvolvimento de produto e não é um benefício específico da implementação do *design thinking*, como por exemplo, o mapeamento dos fornecedores locais que possuem a matéria-prima necessária para fabricar a concepção elaborada pela engenharia.

Os resultados obtidos comprovam que a aplicação do *design thinking* somente auxilia no desenvolvimento de soluções quando já existe um processo estruturado de engenharia e os seus benefícios são associados ao aspecto social na interação entre os colaboradores. Além disto, o nível de maturidade tecnológica do produto poderá interferir na viabilidade do *design thinking* devido à complexidade de cada solução pois no caso de soluções mais complexas em que não existem funções validadas por componentes similares, o conhecimento da equipe operacional não será suficiente para agregar soluções nas discussões técnicas nas reuniões de revisão de design.



## 4. CONCLUSÕES

A metodologia *design thinking* com a inclusão das técnicas de DFM e DFA no processo estruturado de engenharia de sistemas da empresa estudada permitiu uma aproximação entre a equipe de engenharia, os *stakeholders* dos projetos e o cliente final. A apresentação e análise dos projetos tal como a apresentação dos resultados conduziram o atendimento ao objetivo geral da pesquisa de analisar como metodologias de desenvolvimento de soluções de engenharia, como o *design thinking*, DFM e DFA, podem ser inseridas no processo de engenharia de uma empresa multinacional do segmento de óleo e gás para potencializar os resultados mediante aos desafios encontrados durante a execução dos projetos.

Para que a inserção da metodologia *design thinking* no processo atual de engenharia da empresa fosse eficaz, houve a necessidade de remodelar os conceitos propostos na metodologia para atender os processos atuais baseados na engenharia de sistemas, além de associá-la aos métodos DFM e DFA que fazem parte do processo de desenvolvimento de produto.

A apresentação dos resultados encontrados apresentou os benefícios que o *design thinking*, com os ajustes necessários, trouxe aos processos da companhia, porém, é necessário enfatizar que as técnicas apresentadas devem ser ajustadas as necessidades das empresas obedecendo a particularidade de cada organização.

As principais contribuições desta pesquisa no âmbito organizacional da empresa analisada estão associadas à potencialização dos resultados nos processos de desenvolvimento de soluções de engenharia para intervenções submarinas. Além do departamento de engenharia que se beneficia desta pesquisa, outros departamentos como o de projetos, compras e operações também apresentaram resultados positivos em seus processos devido à interação constante com o departamento de engenharia.

A implementação do *design thinking* associado ao DFM e DFA nos processos de outras organizações possui desafios que devem ser customizados de acordo com a estrutura definida pelas empresas. Porém, é importante ressaltar que o *design thinking* não é uma metodologia que definirá a modelagem dos processos de engenharia de uma empresa, logo, há a necessidade de ser associado à estrutura já existente na companhia. A sua associação com a DFM e DFA em um processo estruturado de engenharia de sistemas, conforme a utilizada nesta pesquisa, é uma das possibilidades de inclusão do *design thinking* no âmbito organizacional.

No âmbito acadêmico, a contribuição desta pesquisa ocorre na divulgação da metodologia *design thinking* no segmento de óleo e gás com os ajustes necessários para a sua aplicação. Além desta contribuição, nota-se que esta pesquisa também pode ser inserida no contexto de melhoria contínua que é amplamente divulgado nos encontros acadêmicos das instituições.

O estudo desta pesquisa está relacionado à uma determinada área da indústria de óleo e gás que é o desenvolvimento de soluções de engenharia para intervenções submarinas, entretanto, existem áreas dentro das atividades de exploração e produção de um campo petrolífero que podem ser exploradas para a utilização dos conceitos propostos nesta pesquisa.

Por não fazer parte de uma ciência exata, a aplicação do *design thinking* separada dos processos existentes de uma empresa pode torná-la ineficaz no alcance do objetivo proposto e devido a



sua associação com o aspecto social, centrado no ser humano, abordagens complementares como gerenciamento de projetos e de pessoas são fundamentais para o seu sucesso. O conhecimento sobre o método antes da inclusão nos processos atuais da empresa, tal como os ajustes necessários para a sua eficácia, conquistam o engajamento de todos os envolvidos no projeto e evita que seja somente mais uma ferramenta aplicada pela empresa.

## REFERÊNCIAS

- Al Hamed, O. & Nair, G. K. (2016). Systems dynamics for extra-ordinary results. *Society of Petroleum Engineers - Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference 2016*. <https://doi.org/10.2118/183365-ms>
- Baskerville, R., Pries-Heje, J., & Venable, J. (2009). Soft design science methodology. *Proceedings of the 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology*. <https://doi.org/10.1145/1555619.1555631>
- Boisvenue-Fox, M. & Meyer, K. (2019). Not what you expected: Implementing design thinking as a leadership practice. *Advances in Library Administration and Organization*, <https://doi.org/10.1108/S0732-067120190000040009>
- Bonini, L. A. & Sbragia, R. (2011). O Modelo de Design Thinking como Indutor da Inovação nas Empresas: Um Estudo Empírico. *Revista de Gestão e Projetos*, 2(1), 03–25. <https://doi.org/10.5585/gep.v2i1.36>
- Brown, T & Wyatt, J. (2010). Design thinking for social innovation. *Stanford Social Innovation Review*, 65–70. <https://doi.org/10.2307/j.ctt1t8917t.13>
- Brown, Tim. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review*. <https://doi.org/10.1145/3347709.3347775>
- Brown, Tim. (2009). *Change by desing: How design thinking transform organizations and inspires innovation*. Nova York, NY: HarperCollins e-books.
- Caluri, L., Jianu, M., Cerioli, P., & Silvestri, G. B. (2019). Open innovation as enabling paradigm to empower digital transformation in oil & gas organizations. *Society of Petroleum Engineers - Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference 2019, ADIP 2019*. <https://doi.org/10.2118/197904-ms>
- Camacho, M. (2016). David Kelley: From Design to Design Thinking at Stanford and IDEO. *She Ji ,The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 2(1), 88–101. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2016.01.009>
- Cankurtaran, P. & Beverland, M. B. (2020). Using design thinking to respond to crises: B2B lessons from the 2020 COVID-19 pandemic. *Industrial Marketing Management*, 88(June), 255–260. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.05.030>
- Carr, S. D., Halliday, A., King, A. C., Liedtka, J., & Lockwood, T. (2010). The Influence of Design Thinking in Business: Some Preliminary Observations. *Design Management Review*, 21(3), 58–63. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7169.2010.00080.x>
- Corrales-Estrada, M. (2019). Design thinkers' profiles and design thinking solutions. *Academia Revista Latinoamericana de Administracion*, 33(1), 9–24. <https://doi.org/10.1108/ARLA-01-2018-0028>
- Doorley, S., Holcomb, S., Klebahn, P., Segovia, K., & Utley, J. (2018). Design Thinking Bootleg. *Design Thinking Bootleg*. <https://dschool.stanford.edu/resources/design-thinking-bootleg>



- Evensen, O., Womack, D., & Spencer, L. (2020). Essential tactics to foster innovation in oil and gas. *Research Insights IBM*. <https://www.ibm.com/downloads/cas/VOJ540GZ>
- Geissdoerfer, M., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2016). Design thinking to enhance the sustainable business modelling process – A workshop based on a value mapping process. *Journal of Cleaner Production*, 135, 1218–1232. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.020>
- Gobble, M. M. (2014). Design thinking. *Research Technology Management*, 59–61.
- Goldberg, D. E. (2015). The Six Minds of a Whole New Engineer. *Journal of Petroleum Technology*, 67(03), 22–24. <https://doi.org/10.2118/0315-0022-jpt>
- Holubchak, K. (2020). *The application of design thinking methodology in architectural education in Ukraine: Case Study*. 19–29. <https://doi.org/10.21307/ACEE-2020-027>
- IDEO. (2015). Design Thinking for Better Libraries. *Information Outlook*, 15, 10–11. <https://designthinking.ideo.com/resources/design-thinking-for-libraries>
- International Standard ISO / IEC / IEEE 15288:2015 - *Systems and software engineering - System life cycle process*. <https://standards.ieee.org/ieee/15289/5789/>
- Johansson-Skoldberg, U., Woodilla, J., & Çetinkaya, M. (2013). Design Thinking: Past, Present and Possible Futures. *John Wiley & Sons Ltd*, 22(2), 176–190. <https://doi.org/10.4324/9781315748825-13>
- Kelley, D. & Kelley, T. (2013). *Creative confidence - Unleashing the creative potential within us all*. Nova York, NY: Crown Business.
- Kelley, T. & Littman, J. (2005). *The ten faces of innovation*. Nova York, NY: Doubleday.
- Kelly, T. & Littman, J. (2001). *The art of innovation, lessons in creativity from IDEO*. Nova York, NY: Broadway Business.
- Kitchenham, B. & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in Software Engineering. *Technical Report No. EBSE -2007-01*. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- Kritsadativud, P., Sivapiromrat, P., Limprasert, T., Srihirunrusmee, S., Whangkitjamorn, J., Navasumrit, P., Roatkanjanaporn, T., Sapmanee, K., Palviriyachote, S., Thongpian, D., Kaewmuang, W., Promsen, P., Kittisupalauk, S., Kittisureethorn, N., Tan, S., & Swarnanto, L. D. (2017). Prolonging gas production until the end of concession by optimizing existing resources: A case study from greater bongkot south field development strategy. *Society of Petroleum Engineers - SPE Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference 2017*. <https://doi.org/10.2118/188178-ms>
- Kumar, V. (2013). Vijay Kumar, 101 *Design Methods: A Structured Approach for Driving Innovation in Your Organization*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.
- Kummitha, R. K. R. (2018). Institutionalising design thinking in social entrepreneurship: A contextual analysis into social and organizational processes. *Social Enterprise Journal*, 14(1), 92–107. <https://doi.org/10.1108/SEJ-12-2016-0059>
- Leavy, B. (2011). Roger Martin explores three big ideas: Customer capitalism, integrative thinking and design thinking. *Strategy and Leadership*, 39(4), 19–26. <https://doi.org/10.1108/10878571111147369>
- Liedtka, J. (2014). Innovative ways companies are using design thinking. *Strategy and Leadership*, 42(2), 40–45. <https://doi.org/10.1108/SL-01-2014-0004>



Liedtka, J., King, A., & Bennett, K. (2013). *Solving problems with design thinking: 10 stories of what works*. Nova York, NY: Columbia Business School

Liedtka, J. & Ogilvie, T. (2011). *Designing for Growth*. Nova York, NY: Columbia University Press.

Lógó, E., Orbulov, V. "Case study for product development innovation based on design thinking approach, demonstrated by smart furniture project", *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, v. 65, n. 2, p. 397–408, 2021. <https://doi.org/10.3311/PPci.17321>

Martin, R. (2007). How Successful Leaders. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2007/06/how-successful-leaders-think>

Martin, R. (2009). *The design of business: Why design thinking is the next competitive advantage*. Cambridge, MA: Harvard Business Press.

Martin, R. & Euchner, J. (2012). Design thinking. *Research Technology Management*, 55(3), 10–14. <https://doi.org/10.5437/08956308X5503003>

Mikkelsen, J. B., & Lange, I. S. G. (2017). Place in transition: Exploring the potentials of relocating disused oil rigs and transforming them into public places. *Journal of Landscape Architecture*, 12(2), 74–84. <https://doi.org/10.1080/18626033.2017.1361095>

Nahkle, C. (2018). New technological frontiers in the oil and gas industry. *Newsweek*, 1–37. <https://d.newsweek.com/en/file/459598/newsweek-vantage-oil-gas.pdf>

Neal, P. R., Ho, M., Fimbres-Weihs, G., Hussain, F., & Cinar, Y. (2010). Demonstrating CO2 sequestration as part of a first year engineering course. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 2, 1220–1233. <https://doi.org/10.2118/133740-ms>

Riel, J., & Martin, R. (2017). An integrative methodology for creatively exploring decision choices. *Strategy and Leadership*, 45(5), 3–9. <https://doi.org/10.1108/SL-07-2017-0063>

Simon, H. A. (1996). *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, MA.: The MIT Press.

Susman, G. I. & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, 23(4), 582. <https://doi.org/10.2307/2392581>

Tomkoria, A. (2016). Design thinking helps realize the full potential of the digital revolution. *Offshore*, 76(8). <https://www.offshore-mag.com/business-briefs/company-news/article/16755007/design-thinking-helps-realize-the-full-potential-of-the-digital-revolution>

Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., & Yang, M. (7<sup>a</sup> ed.) (2020). *Product design and development*. Nova York, NY: McGraw-Hill Education.

Walden, D. D., Roedler, G. J., Forsberg, K. J., et al. (2015). *Systems Engineering Handbook - A Guide for System Life Cycle Processes and Activities*. (4<sup>a</sup> ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

Xu, J., Ye, M., Lu, W., Bao, Z., & Webster, C. (2021). A four-quadrant conceptual framework for analyzing extended producer responsibility in offshore prefabrication construction. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124540. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124540>

---

