

## **O processo de desenvolvimento de produtos de um projeto realizado por equipes virtuais para construir um ventilador pulmonar de baixo custo no contexto do COVID-19**

### **The product development process of a virtual team project to build a low-cost lung ventilator in the context of COVID-19**

DOI:10.34117/bjdv8n3-014

Recebimento dos originais: 14/02/2022

Aceitação para publicação: 03/03/2022

#### **Roberto Canedo Rosa**

Mestre em Sistemas Mecatrônicos pela Universidade de Brasília (UnB)

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: UnB – Faculdade de Tecnologia, FT. DF, Brasil, CEP: 70910-900

E-mail: engcanedorosa@gmail.com

#### **Sanderson César Macêdo Barbalho**

Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos pela Universidade de São Paulo (EESC/USP)

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: UnB – Faculdade de Tecnologia, FT. DF, Brasil, CEP: 70910-900

E-mail: sandersoncesar@unb.br

#### **Guillermo Alvarez Bestard**

Doutor em Sistemas Mecatrônicos pela Universidade de Brasília (UnB)

Instituição: Universidade de Brasília - UnB

Endereço completo: UnB – Faculdade do Gama, FGA. Área Especial de Indústria  
Projeção A, Gama, DF, Brasil, CEP: 72405-520

E-mail: guillermo@unb.br

#### **Fábio Henrique Monteiro Oliveira**

Doutor em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal de Uberlândia

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília - IFB

Endereço: SGAN Quadra 610 Módulos D, E, F, G - Asa Norte, Brasília - DF 70830-450

E-mail: fabio.oliveira@ifb.edu.br

#### **Sérgio Henrique Evangelista**

Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo (EESC/USP)

Instituição: Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Endereço: Rod. Washington Luís - km 235 - SP-310 - São Carlos - S.P  
CEP: 13565-905

E-mail: toddyprof@ufscar.br

**Carlos Humberto Llanos**

Doutor em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica / Universidade de São Paulo  
(POLI/USP)

Instituição: Universidade de Brasília - UnB

Endereço: UnB – Faculdade de Tecnologia, FT. DF, Brasil, CEP: 70910-900

E-mail: llanos@unb.br

**RESUMO**

Os projetos colaborativos entre governo, universidade e empresa privada desempenham um importante papel no gerenciamento de crises, além de serem fundamentais para a implementação de estratégias de inovação. A partir das necessidades geradas pela crise de saúde pública advindas com a Covid-19, este trabalho apresenta uma análise do diagnóstico do processo de desenvolvimento de produto (PDP) de um ventilador pulmonar de baixo custo, desenvolvido em parceria entre pesquisadores da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), do Instituto Federal de Brasília (IFB), e da Escola Superior de Ciências da Saúde (ESCS). O projeto foi financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal, é gerenciado financeiramente pela Fundação de apoio da UNB, e tem parceria com uma empresa privada, com o foco em transferir tecnologia e na produção em escala do equipamento. O diagnóstico do PDP foi realizado a partir da associação de dois modelos amplamente difundidos na literatura, apresentando características peculiares de um projeto materializado em ambiente universitário, com prazos curtos, e atividades desenvolvidas, em grande parte, remotamente. Os resultados apresentados comprovaram uma estrutura similar a projetos do tipo mecatrônico, e com uma alta interação entre os atores do projeto na realização das atividades.

**Palavras-chave:** processo de desenvolvimento de produto, projeto colaborativo, ventilador pulmonar, covid-19.

**ABSTRACT**

The collaborative projects between government, university and private companies play an important role in crisis management, besides being fundamental for the implementation of innovation strategies. From the needs generated by the public health crisis arising from Covid-19, this paper presents an analysis of the diagnosis of the product development process (PDP) of a low-cost lung ventilator, developed in partnership between researchers from the University of Brasília (UNB), the Federal University of São Carlos (UFSCAR), the Federal Institute of Brasília (IFB), and the School of Health Sciences (ESCS). The project was funded by the Research Support Foundation of the Federal District, is financially managed by the UNB's support foundation, and has a partnership with a private company, with a focus on technology transfer and the scale production of the equipment. The PDP diagnosis was performed from the association of two models widely disseminated in the literature, presenting peculiar characteristics of a project materialized in a university environment, with short deadlines, and activities developed largely remotely. The results presented proved a structure similar to mechatronic projects, and with a high interaction among the project's players in the execution of the activities.

**Keywords:** product development process, collaborative project, lung ventilator, covid-19.

## 1 INTRODUÇÃO

As abordagens que modelam o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) oferecem uma sequência de atividades, organizadas em fases, que buscam definir as especificações do produto e do processo de produção, a partir de transformações de informações de mercado e tecnologia, e com o foco em atender às necessidades do consumidor (Clark & Fujimoto, 1991; Pugh, 1990; Whellwright & Clark, 1992; Rozenfeld *et al.*, 2006).

Os modelos de referência para o PDP são considerados um conjunto de melhores práticas, sendo uma modelagem explícita e sistemática para apoiar a execução de tarefas aplicáveis ao mundo real (Barbalho, 2006). O PDP engloba todos os atores organizacionais afetados pelo processo de desenvolvimento do produto, que envolve as atividades iniciais do planejamento estratégico até a retirada do produto do mercado, e seu respectivo descarte. Verifica-se, assim, uma integração essencial entre as partes envolvidas em diferentes áreas que estabelece, por sua vez, uma conexão distinta com o produto, a partir das diversas perspectivas de cada ator, cada um com seus interesses e interfaces com o projeto (Barbalho e Rozenfeld, 2010).

As colaborações em projetos de desenvolvimento de produtos entre instituições e atores públicos e privados, apresentam grande potencial de responder com eficácia a eventos extremos como a pandemia global anunciada pela Organização Mundial de Saúde, a COVID-19, que se espalhou implacavelmente. As colaborações entre o governo, a universidade, e a empresa privada desempenham um importante papel para o gerenciamento de crises buscando capturar experiências, capacidades, recursos e conhecimentos, compartilhar informações, reunir recursos e coordenar esforços com o foco de recuperação em uma emergência (Huanming Wang *et al.*, 2021; Quayle *et al.*, 2019).

Os projetos realizados a partir da interação entre instituições públicas e privadas apresentam complexidades singulares, sendo cientificamente amparado pelo modelo de hélice tríplice, que por sua vez sustentam os sistemas de inovação. Cada ator da hélice tríplice desempenha um papel fundamental no processo colaborativo, e a partir dessa interação é possível estimular o aprendizado e direcionar avanços em tecnologias, contribuindo para a implementação de estratégias de inovação, e oferecendo novas oportunidades de investigação científica (Lemos, 2013; Valente, 2010).

Perante a necessidade de criar uma gestão do conhecimento em projetos colaborativos entre instituições públicas e privadas, no que tange ao processo de

desenvolvimento de produtos, o presente trabalho tem como principal enfoque de estudo o diagnóstico do processo de desenvolvimento de um ventilador pulmonar mecânico de baixo custo. O projeto em análise, ainda não finalizado, foi alavancado perante a necessidade emergente de suporte à vida de pacientes acometidos pela COVID-19. O COVID-19 teve um impacto significativo no contexto da educação superior (Marques et al., 2022; Moraes et al., 2022). Sem aulas, uma boa forma de envolver os alunos em atividades acadêmicas foi buscar desenvolver projetos de combate à pandemia, como o aqui descrito.

O objetivo geral da pesquisa é entender o andamento de um projeto de parceria entre universidade, estado e o setor privado, realizado totalmente de maneira virtual com parceiros dispersos geograficamente, auxiliando, assim, na sistematização do PDP e documentando as características, estruturas, e atividades dos diversos atores envolvidos nesse tipo de iniciativa. O método para avaliação foi o de observação participante, sendo todo o processo de análise revisada pelo gestor do projeto.

## 2 FRAMEWORK DE DIAGNÓSTICO DO PDP

### 2.1 CONCEITO DO PDP

PUGH (1990) apresenta a seguinte definição para o PDP:

*"[...] É a atividade sistemática necessária, da identificação de necessidades de mercado / usuário até a venda do produto que atenda com êxito àquela necessidade - uma atividade que abrange produto, processo, pessoas e organização".*

PUGH (*op. cit.*) pode ser considerado o primeiro clássico do PDP, pois, embora originalmente vinculado às teorias de projeto de engenharia, explicitamente discute as diferenças entre o que chama de projeto parcial (*partial design*) e projeto total (*total design*), este último sendo o próprio processo de desenvolvimento de produtos. O projeto parcial seria o enfoque dado nas diferentes áreas da engenharia que interagem no projeto técnico de um novo produto. Por outro lado, o projeto total seria um processo vinculado à identificação, projeto e atendimento das necessidades de mercado.

CLARK e FUJIMOTO (1991) sugerem a seguinte definição para o processo de desenvolvimento de produtos:

*"[...] é o processo pelo qual uma organização transforma dados sobre oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em informações de valor para a produção comercial."*

Essa definição do PDP enfatiza o caráter informacional desse processo, ou seja, o fato de os insumos e resultados básicos do desenvolvimento de produtos serem informações, em contraposição à manufatura, cujos resultados são bens e/ou serviços (SLACK *et al.*, 2002). A definição sugere ainda que os dados de entrada do PDP provêm de duas fontes básicas: mercado e tecnologia. Abstrai-se daí que o PDP é um processo que requer um monitoramento sistemático do mercado e da tecnologia relativos a uma dada empresa. Note-se que ao demonstrar a necessidade de analisar a variável tecnológica para entender o PDP de uma empresa, CLARK e FUJIMOTO (*op. cit.*) ampliam o conceito de PUGH (1990).

COOPER (1993) introduz o chamado modelo *stage-gate*, para o qual o PDP é:

*"[...] um modelo formal, mapa, template ou processo pensado para orientar um projeto de novo produto do estágio de idéias até depois do seu lançamento."*

A definição de COOPER (*op. cit.*) estabelece em linhas gerais o que poderia ser compreendido como um escopo temporal para o PDP: um processo que se inicia na geração da idéia do produto e vai além de seu lançamento no mercado. Aspecto fundamental do conceito de COOPER (*op. cit.*) é a identificação do PDP como algo que pode ser mais formal ou mais informal dentro de uma dada empresa, mas que de fato existe mesmo que apenas como "processo pensado". O modelo *stage-gate* advoga que o PDP deve ser entendido como um balanceamento adequado de atividades realizadas nos estágios (fases) com decisões efetivas realizadas entre eles (*gates*).

De maneira geral, o entendimento atual é de que a gestão do desenvolvimento de produtos deve ocorrer ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos comercializados por uma empresa. CHRISSIS *et al.* (2003) apresentam uma definição de PDP que contempla essa discussão. Segundo os autores, o PDP é:

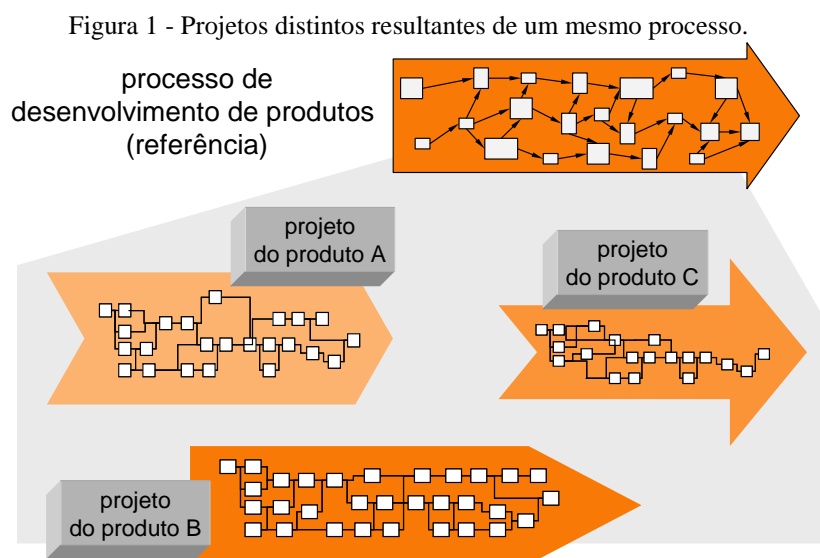
*"[...] Uma abordagem sistemática que busca uma colaboração de stakeholders relevantes ao longo da vida do produto para satisfazer necessidades dos consumidores, expectativas e requisitos".*

A ideia de *stakeholders* proposta por CHRISSIS *et al.* (*op. cit.*) significa a necessidade de englobar todos os atores organizacionais que participam do desenvolvimento de produtos nas demais áreas funcionais de uma empresa, tais como *marketing*, desenho industrial ou finanças, conceito similar ao "projeto total" de PUGH

(*op. cit.*). Enfatiza-se que em CHRISISSIS *et al.*(*op. cit.*) o PDP corre ao longo da "vida do produto". Essa idéia, amplia o "escopo do PDP" (AMARAL, 2001) abrangendo, por um lado, atividades relacionadas com o planejamento das estratégias de produto e de mercado da empresa, e por outro, atividades relacionadas com a retirada de produtos do mercado e o descarte de produtos que chegaram ao fim de sua vida útil.

Nesse sentido, ROZENFELD *et al.* (2006) argumenta que o processo de desenvolvimento de produtos é operacionalizado através de projetos distintos, conforme apresentado na

Figura 1.



(Fonte: ROZENFELD *et al.*, 2006, p. 42)

Segundo os autores, cujo trabalho consiste na busca por formular um modelo de referência genérico para o PDP, um processo "... sistematizado e documentado permite que as particularidades de cada projeto e equipe de desenvolvimento sejam atendidas...". O trecho abaixo ilustra o entendimento dos autores sobre a relação entre o PDP e os projetos de novos produtos:

*"[...] imagine que uma empresa possua na documentação de seu processo 50 atividades [...] No início de um novo projeto, pode-se adotar essas 50 atividades e, depois, eliminar algumas que não estão diretamente relacionadas com o produto em questão e, ao mesmo tempo, adicionar outras atividades [...] A partir desse momento, o desenvolvimento de um produto particular é gerenciado como um projeto" (idem ibidem., p. 41).*

Vale observar, entretanto, o fato de que o ciclo de vida de um produto comporta um grande conjunto de ciclos de projetos: projetos para confeccionar especificações para o produto, para projetá-lo tecnicamente, para certificá-lo em órgãos regulatórios, para lançá-lo, para retirá-lo do mercado etc. Cada um desses ciclos de projeto é diferente do outro, porém todos são vinculados a um processo, seja ele documentado ou apenas pensado, conforme ressalta COOPER (*op. cit.*).

PUGH (1990, p. 5) enfatiza que o PDP deve ser projetado como tendo um conjunto central de atividades, denominado “cerne do projeto” (*design core*) que são “[...] imperativas para qualquer projeto, independente da área de aplicação”. O cerne do projeto consiste no que o autor chama de “fluxo de projeto principal” (*main design flow*), um processo altamente iterativo. O autor ilustra o conceito de iteratividade no fluxo de projeto através de um exemplo:

*“[...] você pode estar no projeto detalhado de um produto quando um novo conceito emerge (que possa ser adequado ao atendimento das especificações do produto). Se ele parece ser uma solução altamente atrativa às especificações, e os prazos permitam, você retornará à fase de concepção e possivelmente reprojeterá a solução”.* (*op. cit.*, p. 6)

PRASAD (1996) entende o PDP como um processo de fluxos<sup>1</sup> e ciclos (*tracks and loops*) interativos. Para o autor “[...] cada ciclo representa uma interação entre um ou mais fluxos do desenvolvimento de produtos” (*op. cit.*, p. 421). Os fluxos essenciais (*tracks*) do PDP seriam: missão, planejamento, projeto, processo, produção, manufatura/montagem e entrega/serviços. Segundo o autor:

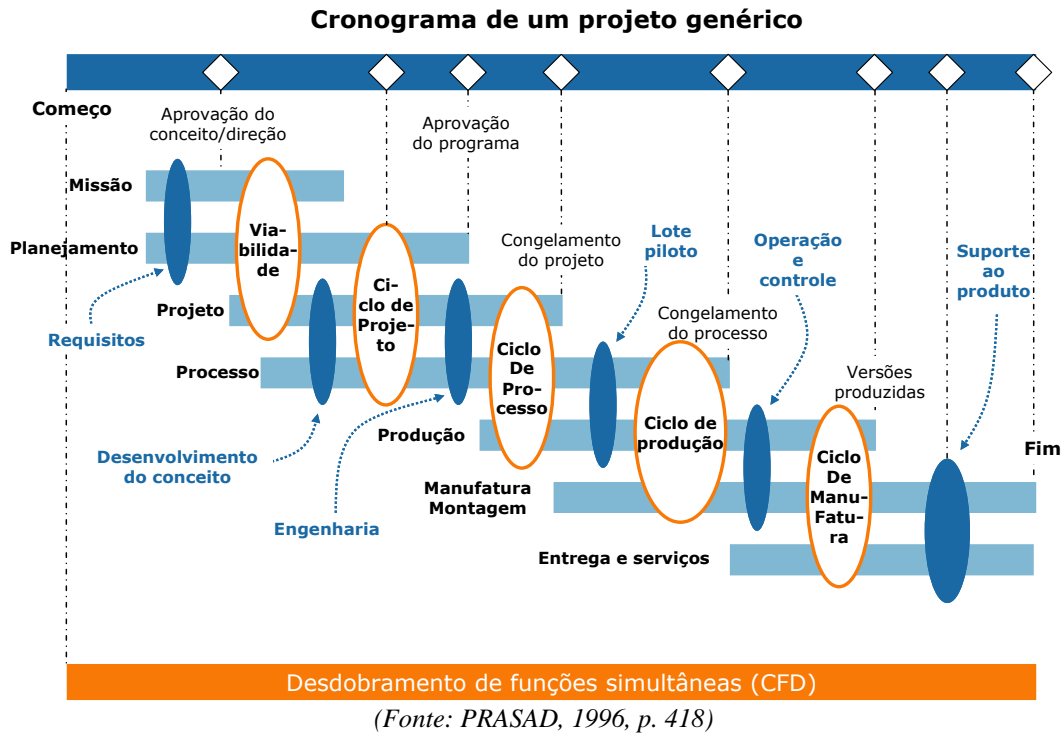
*“[...] em situações reais, interações entre dois ou mais destes fluxos paralelos ocorrem... Um ciclo com designação 1-T indica interações que ocorrem dentro de um mesmo fluxo. Uma designação 2-T indica que ciclos e interações ocorrem entre dois fluxos paralelos. Similarmente, uma designação 3-T significa que existem interações entre ao menos três fluxos paralelos. Dependendo do tipo de produto, sua complexidade e a condição organizacional da empresa, uma série destes ciclos 2T e 3T podem ser executados para que se chegue ao produto final”.* (*op. cit.*, p. 421)

A Figura 2 ilustra o conceito discutido por PRASAD no trecho acima. Os fluxos são as barras horizontais no centro da figura.

---

<sup>1</sup> É importante observar que ao invés de um fluxo principal de projeto, conforme ilustra PUGH (*op. cit.*), a proposta de PRASAD (*op. cit.*) identifica no PDP uma série de fluxos paralelos cuja interatividade seria função da aplicação do conceito de engenharia simultânea no PDP de uma dada empresa. As atividades centrais seriam apenas um dos fluxos do PDP.

Figura 2 - Visão geral do processo de projeto e desenvolvimento do produto.



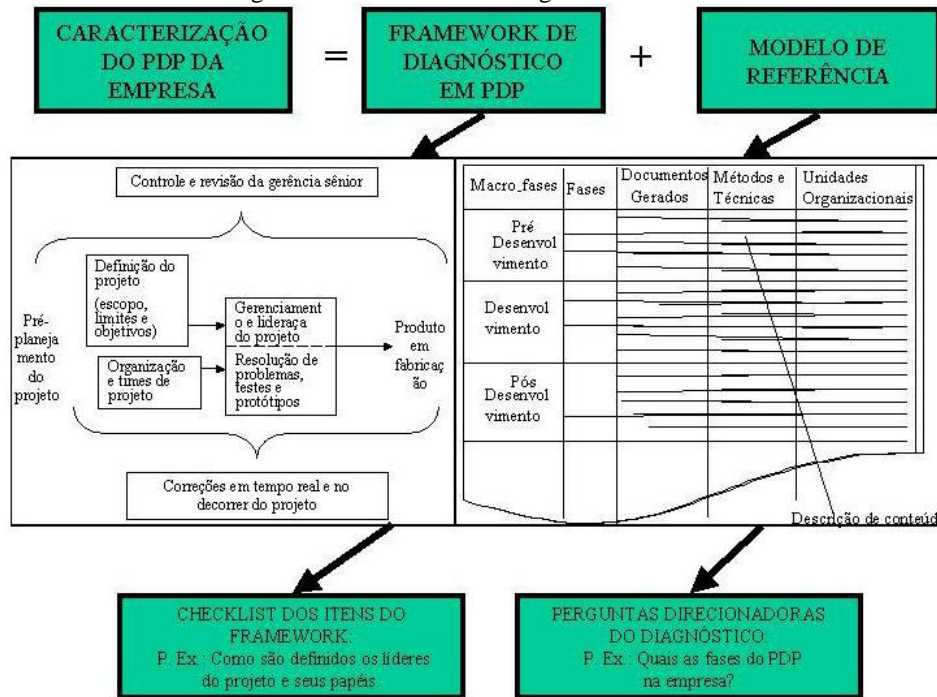
Os ciclos 2T são ilustrados como círculos ovais que englobam conjuntos de duas barras horizontais paralelas, enquanto os ciclos 3T são representados por círculos maiores que abrangem conjuntos de três barras paralelas. Por exemplo, o ciclo de “engenharia” ocorre quando há interação entre atividades relacionadas com os fluxos de “projeto” e de “processo”. De maneira similar, o “ciclo de projeto” ocorre nas interações entre planejamento, projeto e processo.

## 2.1. REFERENCIAL DE DIAGNÓSTICO DO PDP

O diagnóstico do PDP não é um tema trivial, dada a complexidade do processo, conforme discutido anteriormente. O trabalho apresentado baseou-se no referencial de diagnóstico do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) proposto por Whellwright e Clark (1992), associado ao padrão de descrição do PDP com o foco na modelagem dos processos de negócios transcritos por Rozenfeld *et al.* (2006) e posteriormente em Barbalho e Rozenfeld (2013). O framework de avaliação para o diagnóstico do PDP é apresentado na Figura 3



Figura 3 – Framework de diagnóstico do PDP.



Fonte: Barbalho e Rozenfeld (2004).

Para Whellwright e Clark (1992) o processo de desenvolvimento é um conjunto complexo de atividades que se estende por um período de tempo considerável, e como ponto de partida para compreender essa complexidade e identificar as escolhas críticas da alta administração, integram-se seis elementos, ou dimensões, para criar um padrão de detalhamento de desenvolvimento, incluindo a definição do projeto, a organização e os times, o gerenciamento e liderança do projeto, a resolução de problemas, testes e protótipos, o controle e revisão da gerência sênior e as correções em tempo real e no decorrer do projeto.

No modelo de Rozenfeld et al. (2006) o PDP é dividido em macro-fases, que por sua vez se divide em fases, que ainda podem ser detalhados em atividades e tarefas. A cada fase são alocados novos elementos caracterizadores com o foco em apresentar indicativos para a gestão do PDP. Na macrofase de pré-desenvolvimento o objetivo é garantir que o portfólio de projeto esteja em consonância com as oportunidades do mercado, as restrições envolvidas e a estratégia da empresa. Na etapa de desenvolvimento, o destaque é o projeto do produto englobando as etapas de projeto informacional, conceitual, detalhado, a preparação da produção e seu respectivo lançamento. Na etapa de pós-desenvolvimento realiza-se o acompanhamento sistemático do produto no mercado, assim como a avaliação das melhorias necessárias no ciclo de vida do produto.

Já o modelo de referência mecatrônico (MRM), descrito em Barbalho e Rozenfeld (2013) é um modelo de fases com áreas de processo que se assemelham à estrutura do framework de diagnóstico apresentado na Figura 3. Além desse aspecto, o MRM implementa os fluxos e ciclos sugeridos por Prasad (op. Cit.) e o conceito de cerne de projeto proposto por Pugh (op. Cit.). De maneira geral, o conjunto dessas ferramentas foi utilizado para realizar o diagnóstico que segue, com o detalhe adicional de ser aplicado a um projeto desenvolvido na Universidade e sob um ambiente vinculado à denominada Hélice Tríplice (Etzkowitz, 2009), discutida a seguir.

## 2.2 PROJETO COLABORATIVO GOVERNO-UNIVERSIDADE-INDÚSTRIA

O apoio a pesquisas, os projetos colaborativos, a transferência de conhecimento, e a transferência de tecnologia, são alternativas de cooperação entre a universidade, o governo e empresa (Santoro & Chakrabarti, 2002). Os sistemas de ciência e tecnologia, fundamentais para os sistemas de inovação, exercem um papel fundamental nas economias baseadas em conhecimento, e são fortalecidos pelos projetos de cooperação entre empresas, governo e universidades, adquirindo, assim, alto impacto para as demandas sociais em diversas áreas como a educação, a biotecnologia, o meio ambiente, a agricultura, e a saúde (Lastres & Cassiolato, 2000).

Todos os agentes do processo colaborativo desempenham papéis fundamentais para o êxito da interação. Para tanto, é necessário definir, de maneira objetiva, os papéis de cada parceiro e suas respectivas responsabilidades. Para a criação de redes de colaboração estáveis são necessários apontamentos direcionadores: a política de interação do organismo de pesquisa e o ambiente industrial; a conduta da interação durante toda a vida do projeto; a preparação da transferência dos resultados; a negociação e as condições burocráticas dos contratos; a conduta da transferência; a harmonização das representações dos parceiros; e a interação durante o processo de industrialização dos resultados (De Vasconcelos & Ferreira, 2000).

A interação entre a universidade e a empresa privada tornou-se um pré-requisito fundamental para a consolidação de avanços tecnológicos, sendo um motor propulsor em países desenvolvidos para alavancar inovações indispensáveis para o aumento da competitividade no mercado global (Noveli & Segatto, 2012). As colaborações público-privadas, além disso, tem um potencial de responder com eficácia a crises sanitárias e de saúde pública, como a COVID-19, podendo desenvolver diversos arranjos nos quais

produtos e serviços podem ser fornecidos com base no compartilhamento de riscos, recursos, custos e benefícios (Huanming Wang *et al.*, 2021; Bryson *et al.*, 2006).

Geralmente, o produto desenvolvido pelo processo colaborativo, entre os agentes públicos e privados, tem relações contratuais detalhados com liderança de um ator governamental e a vontade política desempenha um papel de liderança na criação (Kapucu, 2012). Adicionalmente, é apresentado em Barbalho *et al.* (2019) um conjunto de atores envolvidos em projetos que demanda interação Universidade-empresa, a saber:

- núcleos de inovação tecnológica – entidades vinculadas às Universidades que realizam a gestão da propriedade intelectual destas organizações, assim como os contratos de transferência de tecnologia entre Universidades, empresas e governos;

- fundações de apoio à pesquisa – são fundações de direito privado, vinculadas institucionalmente às Universidades, que realizam a gestão de projetos de interação Universidade-empresa;

- incubadoras de empresas – são centros de formação e suporte ao empreendedorismo realizado nas Universidades cujo objetivo é facilitar o processo de criação de empresas vinculadas a pesquisas acadêmicas;

- parques tecnológicos – são organizações que congregam incubadoras, startups, empresas spin-offs e empresas já consolidadas que realizam atividades produtivas nas Universidades de maneira a criar ecossistemas de inovação suportados pelo conceito de hélice tríplice.

De maneira geral, o contexto do projeto de desenvolvimento de produtos discutido na seção anterior, em que a metodologia de diagnóstico é adaptada a uma condição de desenvolvimento interno a uma empresa, precisa ser adaptado ao contexto das relações de hélice tríplice, especialmente considerando os atores mencionados anteriormente, já que sua atuação tem implicação importante no contexto do desenvolvimento do produto.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata de um estudo de caso (Yin, 2000), descritivo, qualitativo, com aplicação de uma variação do Framework proposto por Barbalho e Rozenfeld (2004) em um projeto de desenvolvimento de produtos realizado no âmbito de uma Universidade federal brasileira para o contexto do COVID. Os dados foram obtidos através de observação participante no projeto e análise documental dos relatórios de progresso.

A escolha do projeto se deu pela facilidade de acesso aos dados e pelo interesse da equipe em melhorar o seu PDP. Assim, foi possível acessar informações relativas à

hierarquia do projeto, identificação dos responsáveis pelas tomadas de decisões, assim como pela execução das atividades ao longo do desenvolvimento. Foi ainda possível acessar os documentos gerados em cada fase do projeto, assim como identificar sub-etapas e movimentações relacionadas ao desenvolvimento do produto.

O framework de pesquisa utilizado foi escolhido em função de haver literatura anterior utilizando-o, o que permitiria um comparativo dos resultados desse estudo com as aplicações anteriores desse framework, as quais foram todas focadas em projetos de desenvolvimento e produtos realizados internamente a empresas nacionais.

#### **4 ESTUDO DE CASO**

O projeto do ventilador mecânico de baixo custo aqui apresentado foi iniciado mediante a participação de pesquisadores da Universidade de Brasília, em parceria com outras Universidade federais e estaduais, em uma chamada de projetos realizada pela pró-reitoria da Universidade que intermediava projetos exequíveis para o combate à pandemia junto à Fundação de Amparo à Pesquisa do Distrito Federal – FAP-DF. Os elementos que caracterizam o PDP do projeto são apresentados a seguir.

##### **4.1. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO PROJETO**

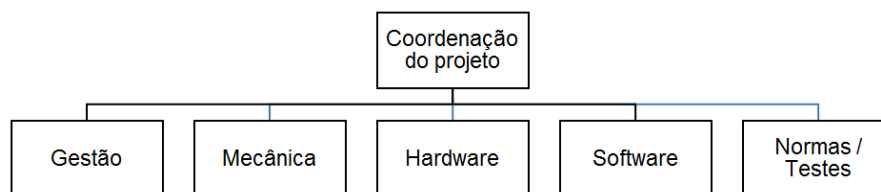
No projeto do ventilador pulmonar de baixo custo o agente governamental atua a partir da agência de financiamento oficial do Distrito Federal, como unidade federativa. A universidade tem um papel fundamental sendo o agente principal do projeto, transformando os recursos financeiros e humanos em conhecimento científico e aplicando os modelos de referência para a produção de protótipos e do produto tecnológico, o ventilador. A empresa acompanha todo o projeto técnico compartilhando conhecimentos e amparando as soluções de engenharia com fins de sustentar a transferência tecnológica e a produção em escala do produto ao final do projeto.

A ventilação mecânica invasiva, definida como a liberação de pressão positiva nos pulmões por meio de um tubo endotraqueal ou de traqueostomia (Carvalho; Toufen junior; Franca, 2007) tornou-se um procedimento essencial para os cuidados de suporte à vida em pacientes acometidos pela COVID-19. Um desafio decorrente da crise de saúde pública mundial foi a escassez dos ventiladores mecânicos pulmonares nos serviços de saúde. Portanto, viabilizar a produção e o projeto de ventiladores pulmonares, tornou-se um direcionamento de pesquisas e de parcerias entre instituições em diversos países.

O projeto do ventilador pulmonar de baixo custo iniciou suas atividades logo no início da pandemia no Brasil, a partir da necessidade dos leitos de UTI do Brasil em atender a demanda desses aparelhos com o aumento vertiginoso de casos no país. O projeto foi viabilizado em meados de junho de 2020, por meio de um edital financiado pelo FAP-DF e como órgão gestor financeiro a FINATEC, que dá o suporte à compra dos equipamentos, assim como a todos os aspectos de pagamentos do projeto e prestação de contas final. O projeto foi impulsionado pela parceria entre professores-pesquisadores-gestores da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), do Instituto Federal de Brasília (IFB), e da Escola Superior de Ciências da Saúde (ESCS). Uma parceria com uma empresa privada, com foco tecnológico e de saúde, foi realizada com o objetivo da transferência tecnológica e para a continuidade da produção comercial do equipamento desenvolvido.

A estrutura organizacional do projeto é composta por professores, especialistas, alunos de graduação, mestrandos e doutorandos de diversas áreas, incluindo engenharias e saúde. Por se tratar de uma equipe pequena, de alta capacitação acadêmica e profissional e de grande flexibilidade, sua estrutura é moldada por áreas específicas de atuação. Na Figura 4, visualiza-se a estrutura simplificada de pesquisa e desenvolvimento do projeto.

Figura 4 - Estrutura de Pesquisa e Desenvolvimento do projeto.



O time de gestão é responsável pela entrega de cronogramas, da matriz de responsabilidade, dos registros em atas, do levantamento de requisitos funcionais, da rastreabilidade de itens, dos orçamentos, do controle de aquisição de itens de infraestrutura, e da gestão da documentação de engenharia. Realiza toda a comunicação com o órgão financiador e com a fundação que gerencia o projeto. A equipe de mecânica é responsável pelo projeto mecânico, desenho mecânico, montagem mecânica, aquisição e fabricação de peças, e montagem da bancada para testes. O time de hardware é responsável pelo projeto eletrônico com software embarcado e a interface entre as partes mecânicas e o software, além disso, incluem-se o projeto do sistema de controle, do

acionamento, e do sistema de energia e medição. A equipe de software é responsável pelo desenvolvimento do software de operacionalização do produto através do monitor touch-screen, pelo desenho do software do display, dos ciclos de alarmes e botões, e pelo projeto e avaliação de usabilidade do equipamento. O time de normas e testes é responsável por verificar se o produto atende as diretrizes da ANVISA, seguindo os parâmetros estabelecidos em normas e diretrizes de engenharia.

#### 4.2. CARACTERIZAÇÃO DO PDP DO PROJETO

O projeto do ventilador pulmonar de baixo custo ainda está em curso, e como não se trata de uma empresa já consolidada, e sim de um projeto de parceria entre instituições por meio de um processo colaborativo, e desenvolvido de maneira remota, as estruturas do PDP apresentam uma fluidez, que se ajustam no decorrer do projeto. Diferentemente de uma estratificação bem definida do processo de PDP de empresas já consolidadas, o diagnóstico aqui apresentado versará sobre um projeto de médio prazo, com atualmente 23 meses de duração, e com uma estrutura organizacional que permite uma agilidade no trabalho da equipe com o foco na entrega do produto com os prazos estabelecidos em plano de trabalho contratado pelo órgão financiador. O Quadro 1 apresenta os principais elementos identificados na análise do projeto mediante o *framework* desenvolvido por Whellwright e Clark (1992).

Quadro 1- Síntese da análise do projeto baseado no modelo de Whellwright e Clark (1992).

ELEMENTO DO FRAMEWORK	CARACTERÍSTICAS
Definição do projeto	O desenvolvimento do produto ventilador pulmonar de baixo custo foi formatado a partir de um planejamento de médio prazo, onde há uma definição de suas premissas atendidas por um edital de financiamento. A necessidade do mercado foi avaliada, o que legitimou a importância do projeto para garantir a segurança da disponibilidade do equipamento, que será fabricado com o foco nos leitos de UTI no Brasil. Essas informações foram identificadas por uma equipe de professores/cientistas, sendo sua proposta elaborada com base em um projeto colaborativo e de parceria entre instituições públicas e privadas. A equipe dos professores teve autonomia para ajustar o escopo do projeto desde que não altere o objeto do contrato de financiamento que é o ventilador de baixo custo para utilização em UTI.
Organização e times de projeto	A estrutura organizacional do projeto é composta por professores, especialistas, alunos de graduação, mestrandos e doutorandos de diversas áreas, incluindo engenharias e saúde. Cada área é vinculada a um professor de magistério superior, que tem por responsabilidade garantir a fluidez e o cumprimento da evolução do projeto. Os membros de cada equipe são alocados conforme as necessidades e interesse de cada professor. A estrutura organizacional matricial básica do projeto compreende a coordenação, o time de gestão, o time de mecânica, o time de <i>hardware</i> , e o time de <i>software</i> representando uma estrutura alinhada com a definição de projetos do tipo mecatrônico.

Gerenciamento e liderança do projeto	O gerenciamento das etapas de desenvolvimento do produto é realizado pelo gestor do projeto, professor que assinou o contrato de financiamento junto à fundação de amparo, juntamente com os professores responsáveis por cada time. Esses profissionais definem, com a equipe, a programação de atividades, discussões técnicas e o estabelecimento de marcos e objetivos alcançados semanais.
Resolução de problemas, testes e protótipos	O protótipo constitui como o meio principal para a validação do projeto. A resolução dos problemas que envolvem os testes e protótipos é avaliada por membros de cada área específica. O projeto prevê o desenvolvimento de três protótipos que serão testados em animais e humanos, e devem cumprir a todos os requisitos normativos. Teste intermediários em subsistemas estão sendo realizados à medida que as peças e componentes são disponibilizados para uso. Adicionalmente, a resolução de problemas ocorreu no formato online já que a equipe não tinha possibilidade de co-localização havendo participantes em diferentes estados da Federação.
Controle e revisão da gerência sênior	O controle e revisão de projeto são feitos, até o presente momento, por encontros com todos os colaboradores a partir de um plano de projeto preliminar (PDR), que avalia tecnicamente o PDP com o foco em garantir a sua operacionalidade. Nesse momento se estabeleceu a arquitetura do produto para satisfazer os requisitos, dentro do orçamento, com o cronograma pré-definido. Adicionalmente, reuniões semanais registradas em ATAS consolidam as decisões realizadas pela gestão do projeto.
Correções em tempo real e no decorrer do projeto	Os ciclos de correção são realizados diretamente pelas áreas responsáveis: Mecânica, Eletrônica, Software, e Gestão. As correções de projeto são avaliadas semanalmente de maneira pontual, por cada equipe de projeto, e de maneira coletiva, com todos os participantes e colaboradores, em reuniões gerais de projeto. As reuniões semanais duram em média três horas e versam sobre as demandas que precisam ser alinhadas entre as equipes das diferentes áreas técnicas deixando o aspecto específico de cada equipe sob a coordenação dos professores sêniores de cada área.

O framework de diagnóstico, conforme evidenciado no Quadro 1, permite uma agilidade de trabalho, com o foco nos resultados, e no cumprimento dos requisitos normativos para o produto desenvolvido com foco em saúde. O time de gestão presta o suporte necessário para o acompanhamento sistemático do projeto. O time de hardware é responsável pelo projeto do sistema elétrico, dos sensores, microcontrolador, e sistema de alarmes. O time de mecânica é responsável pela construção dos componentes físicos do ventilador, e o time de software acompanha o desenvolvimento da plataforma de comunicação com o usuário.

Como o projeto está em andamento, avaliaram-se as fases compreendidas no pré-desenvolvimento e parte do desenvolvimento do produto. No Quadro 2 apresenta-se uma visão simplificada das fases do PDP do projeto, representando uma leitura não oficial, e ainda fluida, pela natureza do projeto. Como o projeto não foi ainda finalizado e existem mudanças significativas que podem ocorrer, uma análise com maior profundidade de detalhes deve ser realizada posteriormente, incluindo todas as etapas do PDP e a documentação geral finalizada, buscando uma identificação de maneira detalhada do projeto como um todo. Apesar disso, os elementos apresentados permitem verificar o

diferencial do projeto quando comparado com desenvolvimentos realizados em modelo estritamente empresarial.

Quadro 2- Elementos do PDP do projeto e sua respectiva estrutura em fases.

MACRO FASES	FASES	UNIDADES ORGANIZACIONAIS	MÉTODOS E TÉCNICAS	DOCUMENTOS GERADOS
Pré-desenvolvimento	Identificação de oportunidades e definições estratégicas	Coordenador do projeto Professores Fundação da UnB	Análise de mercado e de editais para financiamento	Plano de trabalho do projeto
Desenvolvimento	Projeto conceitual	Time de gestão e testes Time de mecânica Time de hardware Time de Software Empresa parceira Fundação da UnB	Planilha de custos, FMEA, Matriz QFD, Scrum, Modelagem CAD, Design de telas, Scrum	Análise de requisitos, Arquivo de gerenciamento de risco, Especificações técnicas, Matriz de requisitos normativos
	Desenvolvimento de protótipos	Time de gestão e testes Time de mecânica Time de hardware Time de Software Empresa parceira Fundação da UnB	Scrum, Modelagem CAD	Modelos CAD, modelagem dos circuitos e software, itens de bancada, Relatórios de projeto
	Construção dos protótipos	Time de gestão e testes Time de mecânica Time de hardware Time de Software Fundação da UnB	Scrum, Modelagem CAD	Telas de software, Fluxogramas de operação do sistema de controle, Modelos CAD, especificações de compras
	Testes e validação	Time de gestão e testes Time de mecânica Time de hardware Time de Software Fundação da UnB Núcleo de Inovação Tecnológica	FMEA, Matriz QFD	Plano de testes, Matriz de verificação

Realizou-se a identificação das unidades organizacionais que participam das fases de desenvolvimento identificadas de acordo com a divisão do trabalho por área técnica. Basicamente o projeto é coordenado por um professor que angariou os recursos necessários para executá-lo e junto com os demais professores, coordenam, cada um, um time de alunos de graduação e pós, divididos por área técnica. É importante mencionar que a equipe de professores conta com dois professores de eletrônica, um de software, um de mecânica, um médico pneumologista e o coordenador do projeto da engenharia de produção e mecatrônica.

O Quadro 2 apresenta na primeira e segunda colunas respectivamente, as macro-fases e fases do projeto, considerando o estágio atual do plano de trabalho acordado com



a agência de financiamento. Na macro-fase de pré-desenvolvimento, apenas uma fase de identificação de oportunidades e definições estratégicas ocorre, sendo centrada na figura do “coordenador do projeto”. Basicamente, com base nos editais de financiamento contra o COVID, no mercado de ventilação mecânica e no avanço da pandemia no Brasil, são definidas estratégias e validadas com o grupo de professores. Como o financiamento é individual para o pesquisador e não para um grupo, a interface com a agência, tanto do ponto de vista do respaldo para a execução de projetos de financiamento quanto das responsabilidades que gera, é realizada pelo coordenador.

A fase de “projeto conceitual” ocorre até que as especificações técnicas sejam geradas para as áreas de pneumática, mecânica, eletrônica e software. Uma vez que o projeto é desenvolvido em time virtual, as principais técnicas são baseadas em modelos CAD e de design de telas que são apresentados para a equipe. Essas são as principais ferramentas para a geração de especificações técnicas do produto. Em paralelo, atividades específicas da equipe de gestão buscam desenvolver os requisitos técnicos do produto utilizando matriz QFD, além de análises normativas para a geração de um checklist de riscos a serem evitados pelo projeto.

Na fase de desenvolvimento dos protótipos as duas técnicas basicamente utilizadas são o modelo de gestão ágil Scrum, com reuniões diárias e sprints semanais e a modelagem CAD, tanto mecânica quanto eletrônica e de design das telas. Além das especificações técnicas do produto, detalhadas em modelos CAD eletrônicos e mecânicos, a modelagem dos circuitos pneumáticos e do sistema de controle são desenvolvidos. Nessa etapa foi realizada uma revisão do projeto preliminar (PDR) com a apresentação dos detalhamentos do modelo de negócio do produto, projeto pneumático, mecânico, eletrônico e de software para a empresa, e aspectos regulatórios e testes. Foram coletadas impressões e demandas para melhoria do projeto e aspectos construtivos em geral. Nessa etapa, para que fosse realizada a análise da etapa PDR, foram gerados relatórios detalhados do projeto.

A fase de construção dos protótipos é intensiva no uso dos métodos ágeis baseados em Scrum e na utilização de modelos CAD. Nessa fase são desenvolvidos modelos construtivos do produto já com características operacionais de fato. Em software, são desenvolvidas as telas de interface dos médicos e fisioterapeutas que utilizarão o produto. Essas telas são apresentadas à equipe em pequenos vídeos e discutidas por todos. Os fluxogramas de operação do sistema de controle são apresentados à equipe por meio de modelos de simulação e esquemáticos de controle. Os principais componentes são

discutidos pela equipe, considerando especialmente aspectos de funcionalidades, confiabilidade e robustez. Modelos CAD da mecânica e eletrônica são elaborados e discutidos pela equipe para compartilhar as discussões e refinar os aspectos de interface, com especial impacto na mecânica. Nesta etapa, detalhe especial é dispensado à especificações de compras, pois os componentes e partes do produto são quase que 100% comprados. A compra é realizada por meio da fundação de pesquisa da Universidade de Brasília. Modelos de documentação de produção fornecidos pela empresa parceira foram utilizados para simplificar um futuro processo de transferência de tecnologia para que a empresa comercialize o produto.

A fase final do projeto é a de testes e validação. Essa etapa foi iniciada com a compra dos equipamentos necessários aos testes, a estruturação das bancadas de testes e o desenvolvimento de um plano inicial de testes. Ela está em andamento com o desenvolvimento de testes parciais, já avançados se considerarmos o desenvolvimento do software. Do ponto de vista de hardware, testes com sistemas específicos, como o acionamento das válvulas, sensores de oxigênio, pressão e fluxo, estão sendo realizados. A etapa atual é justamente a integração do sistema com os testes funcionais em pulmões mecânicos. Há uma programação para realizar testes em animais e humanos, para os quais foi iniciado o trâmite nos comitês de ética respectivos. Em termos de organizações envolvidas, além da Fundação de apoio, a qual é demandada para que incorpore maior agilidade na realização das compras e pagamentos de fornecedores críticos para as etapas de integração onde sempre ocorrem imprevistos, houve uma necessidade de intermediar com o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) da UnB no sentido de viabilizar uma parceria que demandasse uma discussão sobre a propriedade intelectual do projeto já que os testes seriam realizados, em parte, pela empresa parceira do projeto, a qual tem uma propriedade intelectual sobre protocolos de teste normativos, e teria de ter acesso à documentação técnica detalhada do produto.

Um detalhe importante do projeto é a participação a Fundação de pesquisa da UnB (FINATEC), a qual é interveniente do projeto junto à FAP-DF, financiadora do projeto. Na fase inicial do projeto, de definição de estratégias e oportunidades, a FINATEC compôs um comitê consultivo que escolheu o projeto em questão para financiá-lo. Uma vez escolhido, a FINATEC passou a ser responsável pela gestão do projeto, do ponto de vista financeiro. Isso significa que em todas as fases do projeto, os pagamentos de pessoal, compras de materiais e componentes e ao final do projeto, sua prestação de contas, passa pela Fundação. Como a interface com a FAP-DF é realizada por intermédio da FINATEC,

qualquer alteração contratual, como a introdução de equipamentos, ou o remanejamento de rubricas entre itens de custeio ou de investimento, são realizados de maneira tri-partite, ou seja, o pesquisador aciona a FINATEC que aciona a FAP-DF, e eventualmente, há reuniões entre as três partes. Essa sistemática implica um conjunto grande de atividades de interface e burocráticas com impacto significativo no tempo demandado para coordenar o projeto.

Enfim, na etapa de construção de protótipos fica ainda mais ressaltada a interface com a Fundação no sentido de que todos os itens eletrônicos, mecânicos, pneumáticos devem ser adquiridos, recepcionados e patrimoniados pela Fundação antes de enviados para a equipe de projeto de fato utilizá-los para a montagem, integração e testes. Esse fluxo é bastante iterativo e a complexidade de um ventilador mecânico é alta impactando significativamente em lacunas de conhecimento para a própria Fundação com relação ao trâmite de itens complexos e fluxo de desenvolvimento de produtos de alta tecnologia. Em uma análise comparativa, verifica-se que em seus mais de 30 anos de operação, o maior número de componentes eletrônicos que a Fundação já havia comprado para um projeto era menor que a metade da compra realizada apenas dos componentes eletrônicos necessários para os protótipos do ventilador, os quais, ainda, deveriam ser comprados no mercado internacional, e há uma escassez importante nas cadeias de fornecimento de eletrônicos no mundo todo. Isso demonstra a complexidade do projeto para o ambiente de relações de hélice tríplice, algo inexistente em projetos desenvolvidos in-house em empresas de engenharia.

## 5 CONCLUSÃO

A associação de duas representações do PDP para o projeto do ventilador pulmonar de baixo custo permitiu avaliar a ocorrência de elementos previstos na literatura bibliográfica especializada, no que tange a gestão do desenvolvimento de produtos, e identificou características singulares de um projeto materializado a partir de uma parceria público-privada e por equipes virtuais.

Os resultados apresentados comprovaram uma estrutura similar aos projetos do tipo mecatrônico, com alta interação entre os atores do projeto na realização das atividades e uma estrutura organizacional pouco estratificada, que permite uma agilidade do trabalho, com foco nos resultados e prazos estabelecidos em edital, e no cumprimento dos requisitos normativos, que são bastante minuciosos aos produtos de saúde para o suporte à vida. Diferentemente de uma estratificação bem definida do processo de PDP

de empresas já consolidadas, verificou-se que não há uma grande dependência da estrutura de decisão das operações no desenvolvimento do produto, dada a horizontalidade da estrutura de pesquisa e desenvolvimento dos times do projeto do ventilador pulmonar de baixo custo.

Uma vez que o projeto é desenvolvido a partir dos times virtuais, as principais técnicas são baseadas em modelos CAD e design de telas que são apresentados semanalmente pelas equipes do projeto. A metodologia ágil baseado no Scrum adequou-se de maneira oportuna ao tempo reduzido do projeto e a partir dos seus pilares de transparência, inspeção e adaptação.

O projeto do ventilador pulmonar de baixo custo desenvolvido por meio colaborativo entre a Universidade de Brasília (UNB), a Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), o Instituto Federal de Brasília (IFB), a Escola Superior de Ciências da Saúde (ESCS), a Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF), a Fundação de pesquisa da UNB (FINATEC), e da empresa privada de produção mecatrônica, revela inúmeros desafios quanto à gestão do processo de desenvolvimento do produto, devido à quantidade de agentes e atores do projeto, a complexidade do equipamento desenvolvido, e pela natureza virtual das reuniões e comunicação dos times de projeto. Dessa maneira, o diagnóstico do PDP do projeto revela ser um instrumento imprescindível para uma gestão eficaz. Salienta-se que a análise do diagnóstico do PDP acompanhará a evolução do projeto, sendo adicionadas suas respectivas mudanças relativas ao progresso das fases e atividades.

Dentre os atores dos ambientes de inovação das Universidades, observou-se no caso que os parques tecnológicos e as incubadoras de empresas não foram incorporadas ao contexto de desenvolvimento do produto. Ao passo que a fundação de apoio teve um papel destacado, e o NIT da Universidade foi necessário para a discussão da propriedade intelectual do produto junto à empresa parceira.

Como limitações do trabalho, pode-se considerar que não ter havido entrevistas com os envolvidos é algo que impede uma visão mais abrangente do processo, estando o texto baseado na observação participante do autor principal, e nas considerações apresentadas pelo gestor do projeto quando o texto já estava consolidado. Trabalhos futuros podem comparar projetos realizados por diferentes Universidades brasileiras no contexto do COVID-19 de maneira a identificar similaridades e diferenças no PDP de cada uma dessas iniciativas.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, D. C. **Arquitetura para o Gerenciamento de Conhecimentos Explícitos sobre o Processo de Desenvolvimento de Produtos**. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, 2001

BARBALHO, S. C. M. **Modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos**: proposta e aplicações. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, p. 275, 2006.

BARBALHO, S. C. M.; QUINTELLA, C. M.; MEDEIROS, J. C. C. (Org.). **O Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e seu potencial impacto na Inovação no Brasil**. 1. ed. Curitiba: CRV Editora, 2019. v. 1. 236p.

BARBALHO, S. C. M.; ROZENFELD, H. Análise do processo de desenvolvimento de produtos de uma pequena empresa de alta tecnologia. **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, v. 24, 2004.

BARBALHO, S. C. M.; ROZENFELD, H. . O impacto dos aspectos organizacionais sobre a percepção de melhoria em desenvolvimento de produtos. **GESTÃO & PRODUÇÃO (UFSCAR. IMPRESSO)**, v. 17, p. 1-17, 2010.

BARBALHO, S. C. M.; ROZENFELD, H. . Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos (MRM): validação e resultados de uso. **Gestão & Produção (UFSCAR. Impresso)**, v. 20, p. 162-179, 2013.

BRYSON, M.; CROSBY, B. C.; STONE, M. M. The design and implementation of Cross-Sector collaborations: Propositions from the literature. **Public administration review**, v. 66, p. 44-55, 2006.

DE CARVALHO, C. R. R.; TOUFEN JUNIOR, Carlos; FRANCA, Suelene Aires. Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, n. suppl 2, p. 54–70, 2007.

CHRISSIS, M. B. et al. **CMMI: Guidelines or process integration and product improvement**. Boston, Massachussets, United States, Addison-Wesley, 2003.

CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

COOPER, R. **Winning at New Product: acceleranting the process from idea to launch**. Reading Massachussets, Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1993.

DE VASCONCELOS, M. C. R. L.; FERREIRA, M. A. T. A contribuição da cooperação universidade/empresa para o conhecimento tecnológico da indústria. **Perspectivas em ciência da informação**, v. 5, n. 2, 2000.

Etzkowitz, H. **Hélice tríplice: universidade-indústria-governo: inovação em movimento**. 1a ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009

KAPUCU, N. Disaster and emergency management systems in urban areas. **Cities**, v. 29, p. S41-S49, 2012.

LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E. Sistemas de inovação: políticas e perspectivas. 2000.

LEMOS, D. C. et al. A interação universidade-empresa para o desenvolvimento inovativo sob a perspectiva institucionalista-evolucionária: uma análise a partir do sistema de ensino superior em Santa Catarina. 2013.

MARQUES, W. R.; ALVES, M. C.; ROCHA, L. F. B. V.; MAIA, G. K. M.; GOMES, K. C. A.; SOUZA, F. C. S.; ALVES, M. A. S.; SILVA, C. R. D. O impacto da pandemia do COVID - 19 no contexto educacional em 2020: o uso de ferramentas digitais e as implicações na aprendizagem e no processo educacional. **Brazilian Journal of Development**. Vol 8, n. 2, p. 8730-8746, 2022.

MORAES, A. dos S.; ALMEIDA, J. S.; ALMEIDA, M. C. S. A gestão da política de assistência estudantil do instituto Federal Baiano durante a Pandemia da COVID-19. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.8, n 2, p. 9482-9506, 2022.

NOVELI, M.; SEGATTO, A. P. Processo de cooperação universidade-empresa para a inovação tecnológica em um parque tecnológico: evidências empíricas e proposição de um modelo conceitual. **RAI Revista de Administração e Inovação**, v. 9, n. 1, p. 81-105, 2012.

PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals**: integrated product and process organization. New Jersey, United States, Prentice Hall, 1996.

PUGH, S. **Total design: integrated methods for successful product engineering**. Addison-Wesley, 1991.

QUAYLE, A.; GROSVOLD, J.; CHAPPLE, L. New modes of managing grand challenges: Cross-sector collaboration and the refugee crisis of the Asia Pacific. **Australian Journal of Management**, v. 44, n. 4, p. 665-686, 2019.

ROZENFELD, H. et al. Gestão de projetos em desenvolvimento de produtos. **São Paulo: Saraiva**, 2006.

SANTORO, M. D.; CHAKRABARTI, A. K. Firm size and technology centrality in industry–university interactions. **Research policy**, v. 31, n. 7, p. 1163-1180, 2002.

SLACK et al. **Administração da Produção**. Trad. Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher; Rev. Henrique Luiz Corrêa. 2 ed. São Paulo, Atlas, 2002

VALENTE, L. Hélice tríplice: metáfora dos anos 90 descreve bem o mais sustentável modelo de sistema de inovação. **Conhecimento & Inovação**, v. 6, n. 1, p. 6-9, 2010.

WANG, H.; QI, H.; RAN, B. Public–Private Collaboration Led by Private Organizations in Combating Crises: Evidence From China’s Fighting Against COVID-19. **Administration & Society**, p. 1-26, 2021.

WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing product development process**: quantum leaps in speed, efficiency, and quality. New York: The Free Press, 1992.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Trad. Daniel Grassi. Rev. Cláudio Damacena. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.