

## PROJETO DE PESQUISA EM COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

### Título do Projeto

#### **Manufatura distribuída e automatizada e fabricação automatizada setorial (saúde)**

Análise de linhas de manufatura distribuídas e automatizadas para fabricação de itens para tratamento médico customizado

Projeto de Pesquisa em Cooperação Internacional integrante do

#### **Projeto Institucional de Internacionalização (PII) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)**

*Tema Prioritário:*

( x ) Indústria 4.0, incluindo automação, internet das coisas, e computação em nuvem;

### Palavras-chave

Manufatura avançada; Indústria 4.0; *Cyber-Physical Systems (CPS)*; *Internet of Things (IoT)*; customização em massa; sistemas produtivos e logísticos inteligentes

### Data de Início e Término do Projeto

Novembro/2018 a Agosto/2022

### Área de Conhecimento

30801028 PLANEJAMENTO, PROJETO E CONTROLE DE SIST. DE PRODUÇÃO

### OBJETIVOS – PROGRAMA PRINT/CAPES

- Fomentar a construção, a implementação e a consolidação de planos estratégicos de internacionalização das instituições contempladas nas áreas do conhecimento por elas priorizadas;
- Estimular a formação de redes de pesquisas internacionais com vistas a aprimorar a qualidade da produção acadêmica vinculadas à pós-graduação;
- Ampliar as ações de apoio à internacionalização na pós-graduação das instituições contempladas;
- Promover a mobilidade de docentes e discentes, com ênfase em doutorandos, pós-doutorandos e docentes para o exterior e do exterior para o Brasil, vinculados a programas de pós-graduação stricto sensu com cooperação internacional;
- Fomentar a transformação das instituições participantes em um ambiente internacional; e
- Integrar outras ações de fomento da Capes ao esforço de internacionalização.

## Resumo do Projeto

### **Manufatura distribuída e automatizada e fabricação automatizada setorial (saúde)**

Neste projeto analisa-se a viabilidade operacional, econômica e social da implementação de uma plataforma IoT para linhas de manufatura distribuídas e altamente automatizadas destinadas à fabricação de itens customizados para tratamento médico personalizado. Para tal, a plataforma IoT INCANTO conectará sensores e dispositivos nas cadeias de suprimentos de sistemas produtivos e logísticos, bem como usuários finais dos produtos médicos, mobilizando ativamente um processo de co-design de soluções personalizadas. Os itens customizados serão utilizados para o tratamento de doenças crônicas que atingem a parcela mais carente e idosa da população.

A análise das linhas de manufatura distribuídas e automatizadas apoiará o planejamento e a implementação da plataforma INCANTO, principalmente quanto às decisões que impactem na: (i) estruturação da manufatura em unidades de produção distribuídas, em rede e altamente automatizadas, com base em avançadas tecnologias de fabricação, apoiadas por sistemas integrados e inteligentes de transporte e logística, bem como através da adoção de práticas e técnicas de produção enxuta e *lean healthcare*; (ii) customização de dispositivos médicos considerando várias dimensões de personalização (composição, estrutura, geometria, montagem) com aprimoramento da relação custo-benefício e redução de tempo até o fornecimento ao paciente; e, (iii) monitoramento da eficácia dos itens para tratamento médico, combinando os dados provenientes do projeto, da fabricação, e do transporte com os coletados durante consultas médicas, tratamento e a vida diária do paciente.

A internacionalização se dará através da transferência de conhecimento e tecnologia entres os PPGs parceiros na UFSC e os entes internacionais. Em especial, o intercâmbio visa reforçar a inserção da UFSC no cenário internacional. As tecnologias desenvolvidas neste projeto têm acentuado potencial científico e tecnológico. No médio e longo prazos, viabilizam intercâmbio de dados e protótipos com outros grupos interessados no tema alvo do projeto.

## Resumo Estendido do Projeto

### **Análise de linhas de manufatura distribuídas e automatizadas para fabricação de itens para tratamento médico customizado**

Manufatura distribuída e automatizada e fabricação automatizada setorial (saúde)

O projeto visa analisar a viabilidade operacional, econômica e social da implementação de uma plataforma IoT para linhas de manufatura distribuídas e altamente automatizadas destinadas a fabricação de itens customizados para tratamento médico personalizado. Para alcançar esse objetivo, a plataforma IoT (doravante denominada INCANTO) conectará sensores e dispositivos ao longo das cadeias de suprimentos, dos sistemas produtivos e logísticos, bem como os usuários finais dos produtos médicos, mobilizando ativamente um processo de co-design para a realização de soluções personalizadas.

Para tanto, os seguintes objetivos específicos serão almejados: (1) Analisar requisitos para modelagem conceitual de plataformas para integração e sincronização de informações em sistemas de produção distribuídos. (2) Caracterizar a prática industrial e definir cenários de teste para avaliação da plataforma baseada em conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. (3) Através de modelo digital twin, avaliar o desempenho operacional, econômico (custos e benefícios) e social da plataforma IoT para linhas de manufatura distribuídas e altamente automatizadas destinadas a fabricação de itens customizados para tratamento médico personalizado. (4) Propor uma modelagem da plataforma IoT que suporte uma abordagem cooperativa entre as etapas de projeto, manufatura e utilização, de forma a viabilizar o envolvimento ativo dos participantes ao longo do ciclo de vida do produto.

A análise das linhas de manufatura distribuídas e automatizadas apoiará o planejamento e a implementação da plataforma INCANTO, principalmente quanto às decisões que impactem na: (i) estruturação da manufatura em unidades de produção distribuídas, em rede e altamente automatizadas, com base em avançadas tecnologias de fabricação, apoiadas por sistemas integrados e inteligentes de transporte e logística, bem como através da adoção de práticas e técnicas de produção enxuta e *lean healthcare*; (ii) customização de dispositivos médicos considerando várias dimensões de personalização (composição, estrutura, geometria, montagem) com aprimoramento da relação custo-benefício e redução de tempo até o fornecimento ao paciente; e, (iii) monitoramento da eficácia dos itens para tratamento médico, combinando os dados provenientes do projeto, da fabricação, e do transporte com os coletados durante consultas médicas, tratamento e a vida diária do paciente.

As atividades do projeto resultarão no desenvolvimento de conhecimento científico, voltado para proposições conceituais e orientado a novos métodos e modelos para tomada de decisão; e prático, direcionado para o desenvolvimento de abordagens aplicadas e estudos empíricos, no âmbito das plataformas IoT para linhas de manufatura distribuídas e altamente automatizadas.

A internacionalização propiciada pelo projeto se dará através da transferência de conhecimento e tecnologia entre os PPGs parceiros na UFSC e os entes internacionais. Em especial, o intercâmbio de pessoas visa reforçar a inserção da UFSC no cenário internacional. Além disso, as tecnologias desenvolvidas neste projeto têm grande apelo científico e tecnológico e podem inserir a UFSC, no médio e longo prazos, em um cenários de intercâmbio de dados e protótipos com outros grupos interessados no tema alvo do projeto.

## **Project Summary**

### **Analysis of distributed and automated manufacturing lines for manufacturing customized medical treatment items**

*Distributed and automated manufacturing and automated sectorial manufacturing (health)*

*This project aims to analyze the operational, economic and social viability of implementing an IoT platform for distributed and highly automated manufacturing lines destined to the manufacture of customized items for personalized medical treatment. To this end, the IoT platform will connect sensors and devices along a supply chain of production and logistics systems, as well as end users of medical products, actively mobilizing a process of co-designing customized solutions.*

*To achieve this, the following specific objectives will be sought: (1) Analyze requirements for conceptual modeling of platforms for integration and synchronization of information in distributed production systems. (2) Characterize the industrial practice and define test scenarios for evaluation of the platform based on concepts and technologies of the Industry 4.0. (3) Through twin digital models, evaluate the operational, economic (costs and benefits) and social performance of the IoT platform for distributed and highly automated manufacturing lines for manufacturing personalized medical treatment items. (4) To propose a modeling of the IoT platform that supports a cooperative approach between the design, manufacturing and use steps, in order to enable the active involvement of the participants throughout the product life cycle.*

*The activities of the project will result in the development of scientific knowledge, focused on conceptual propositions and oriented to new methods and models for decision-making; and practical, aimed at the development of applied approaches and empirical studies, within the framework of IoT platforms for distributed and highly automated manufacturing lines.*

*The analysis of the distributed and automated manufacturing lines will support the planning and implementation of the platform, especially in the decisions that impact on: (i) the structuring of the manufacturing in distributed, networked and highly automated production units with based on advanced manufacturing technologies, supported by integrated and intelligent transportation and logistics systems, as well as through the adoption of lean manufacturing and lean healthcare practices and techniques; (ii) customization of medical devices considering various dimensions of customization (composition, structure, geometry, assembly) with improvement of cost benefit ratio and reduction of time to delivery to the patient; and (iii) monitoring the effectiveness of items for medical treatment by combining data from design, manufacturing, and transportation with those collected during medical consultations, treatment, and the daily life of the patient.*

*Internationalization will take place through the transfer of knowledge and technology among the partners. In particular, the exchange aims to reinforce the insertion of UFSC in the international scenario. The technologies developed in this project have remarkable scientific and technological potential. In the medium and long term, this might allow for the exchange of data and prototypes with other groups interested in the subject of the project.*

## Contexto

A tomada de decisão em sistemas produtivos precisa considerar o estado dos processos envolvidos ocorrendo em diferentes locais (FRAZZON et al., 2013). O desempenho dos sistemas de produção distribuídos de produtos customizados depende da integração e sincronização do fluxo de informação e material nos processos de projeto do produto, planejamento e execução de suprimentos, manufatura e logística (FRAZZON et al., 2017). A evolução tecnológica cria novas possibilidades para lidar com estes desafios.

Modelos para tomada de decisão síncrona, orientada a dados, têm capacidade de lidar com a complexidade e o comportamento dinâmico desse tipo de sistemas de produção. A evolução contínua das tecnologias é caracterizada pelo aumento da capacidade computacional, estruturas de rede onipresentes e Internet of Things - IoT (LANZA et al., 2015). Na fronteira tecnológica da Indústria 4.0, o uso crescente de sistemas ciberfísicos - CPS, de máquinas, processos, dispositivos e até mesmo produtos inteligentes (LASI et al., 2014; BAUERNHANSL et al., 2016; MONOSTORI et al., 2016; LEE et al., 2015; WANG et al., 2015; WEYER et al., 2015), permite a coleta de dados em tempo real, orientando a tomada de decisão para considerar o estado atual do sistema produtivo. De fato, considerar os dados de projeto de produto, planejamento e execução de suprimentos, gestão da produção e logística é um passo na direção da criação de um digital twin industrial que represente o sistema físico real (SCHLEICH et al., 2017; UHLEMANN et al., 2017; FRAZZON et al., 2018). Essa representação digital pode apoiar o planejamento e controle integrado de sistemas de manufatura de itens altamente customizados (FRAZZON et al., 2017). Do ponto de vista das tecnologias de produção, a manufatura aditiva (AVVENTUROSO et al., 2017) tem emergido em resposta aos desafios impostos pela almejada customização flexível. Tal situação torna-se ainda mais relevante no contexto socioeconômico de empresas em países emergentes (TORTORELLA; FETTERMAN, 2017).

Existe, dessa forma, a necessidade de desenvolver estudos de viabilidade para a implementação de plataformas IoT em sistemas distribuídos de manufatura. Estas plataformas surgem como infraestrutura necessária para a tomada de decisão integrada e sincronizada em sistemas de produção distribuídos, automatizados e flexíveis.

## Justificativa

O mercado de itens customizados para tratamento médico personalizado oferece oportunidades econômicas significativas em termos de crescimento do mercado. O Brasil tem o maior mercado de dispositivos médicos na América Latina e representa 1,4% do mercado mundial (EBI, 2011). Trata-se da indústria para a qual a plataforma INCANTO será projetada e implementada. O INCANTO objetiva facilitar o intercâmbio de dados entre prestadores de serviços de saúde, fabricantes e demais envolvidos nos sistemas distribuídos de produção e logística. Será então uma ajuda efetiva para remover obstáculos, difundir o conhecimento sobre a existência e o uso de tecnologias e promover melhores práticas de saúde conectadas à sistemas de produção mais inteligentes.

A manufatura personalizada por tecnologia aditiva é um campo promissor tanto para pesquisas científicas quanto para aplicações práticas (AVVENTUROSO et al., 2017; TRANCOSO et al., 2018). No entanto, os casos de uso (*use cases*) existentes ainda são limitados. Entre eles, a indústria de dispositivos médicos oferece o maior potencial de impulsionar os volumes de produção porque aborda um mercado relacionado à necessidades essenciais. Para alcançar a produção de alto volume com uma boa relação custo-benefício, o processo de manufatura deve obter desempenho superior em comparação com os sistemas atuais de manufatura, considerando indicadores como:

perdas de produção, eficácia geral dos equipamentos e custo de produção (TRANCOSO *et al.*, 2018). Assim, a incorporação de tais tecnologias deve suportar estratégias de gestão e processos vigentes de modo a convergir para os resultados e melhorias de desempenho esperados (TORTORELLA; FETTERMANN, 2017).

Para conseguir melhorias nesses indicadores, o projeto analisará a implementação de uma plataforma IoT para conectar dispositivos e sensores tanto da cadeia de suprimentos, sistema produtivo e logístico, como dos usuários finais, conectando ativamente o projeto (usando dados de varreduras 3D, medidas, simulações), manufatura (usando, p.ex., controle de máquinas e dados de sensores, dados de qualidade do produto), logística (p.ex., localização, dados de estado do produto) e a utilização de produtos finais customizados (monitorando, p.ex., movimentos / aceleração do paciente, medições / varreduras 3D durante os exames).

### **Problema**

O problema de pesquisa do projeto deriva da necessidade de desenvolver estudos de viabilidade para a implementação de plataformas IoT em sistemas de produção distribuídos, automatizados e flexíveis.

A análise das linhas de manufatura distribuídas e automatizadas abrange decisões que impactam na: (i) estruturação da manufatura utilizando tecnologias de fabricação, sistemas de transporte e logística, bem como práticas e técnicas de produção enxuta e lean healthcare; (ii) customização de dispositivos médicos e, (iii) monitoramento da eficácia dos itens para tratamento médico, combinando os dados provenientes do projeto, da fabricação, e do transporte com os coletados durante consultas médicas, tratamento e a vida diária do paciente.

Portanto, o problema de pesquisa a ser endereçado abordará quais os modelos e métodos mais adequados para analisar a viabilidade operacional, econômica e social da implementação de plataformas tecnológicas avançadas para a integração de linhas de manufatura distribuídas e altamente automatizadas com as etapas de projeto e a efetiva utilização dos itens customizados para tratamento médico em um processo de co-design para a realização de soluções personalizadas.

### **Objetivos (2000 caracteres)**

O projeto visa analisar a viabilidade operacional, econômica e social da implementação de uma plataforma IoT para linhas de manufatura distribuídas e altamente automatizadas destinadas a fabricação de itens customizados para tratamento médico personalizado.

Para tanto, os seguintes objetivos específicos serão almejados:

- Analisar requisitos para modelagem conceitual de plataformas para integração e sincronização de informações em sistemas de produção distribuídos.
- Caracterizar a prática industrial e definir cenários de teste para avaliação da plataforma baseada em conceitos e tecnologias da Indústria 4.0.
- Através de modelo digital twin, avaliar o desempenho operacional, econômico (custos e benefícios) e social da plataforma IoT para linhas de manufatura distribuídas e altamente automatizadas destinadas a fabricação de itens customizados para tratamento médico personalizado ...
- Propor uma modelagem da plataforma IoT que suporte uma abordagem cooperativa entre as etapas de projeto, manufatura e utilização, de forma a viabilizar o envolvimento ativo dos participantes ao longo do ciclo de vida do produto.

As atividades do projeto resultarão no desenvolvimento de conhecimento científico, voltado

para proposições conceituais e orientado a novos métodos e modelos para tomada de decisão; e prático, direcionado para o desenvolvimento de abordagens aplicadas e estudos empíricos, no âmbito das plataformas IoT para linhas de manufatura distribuídas e altamente automatizadas.

Em relação à relevância do tema de pesquisa, o escopo atual do projeto inclui objetivos relevantes, metodologia adequada e resultados interessantes para avançar o conhecimento científico. O projeto complementa a pesquisa científica contemporânea e contribuirá para a inovação tecnológica destinada a melhorar a tomada de decisões em sistemas flexíveis e distribuídos de manufatura através do desenvolvimento de conceitos, métodos e abordagens.

De fato, para assegurar a competitividade do setor produtivo brasileiro, é necessário aplicar e desenvolver conceitos e técnicas na fronteira do conhecimento. A importância do desenvolvimento e uso de conceitos e técnicas modernas para troca de informações e tomada de decisão é justificada pelos impactos positivos nos sistemas produtivos nacionais.

## Atividades Propostas

O projeto está organizado em 5 grandes etapas, compostas por atividades que serão executadas conjuntamente pelos participantes da UFSC e das instituições parceiras estrangeiras.

### **Etapa 01 – Análise de requisitos e modelagem conceitual**

A análise de requisitos constitui o ponto de partida para a modelagem conceitual da plataforma INCANTO. Atividades: revisão sistemática da literatura e modelagem conceitual considerando: integração de plataformas IoT e manufatura aditiva; digital twins incorporando a cadeia de valor completa (projeto, produção e utilização) de produtos customizados; estratégias de custeio baseadas em micro-transações criptografadas; e modelagem de plataformas IoT na nuvem.

### **Etapa 02 – Análise de prática industrial e definição de cenários de teste**

A análise da prática industrial contribuirá para a construção dos cenários de teste para a avaliação da plataforma. Atividades: identificação de práticas industriais correlatas e proposição de cenários de teste abrangendo a totalidade ou áreas específicas da plataforma INCANTO.

### **Etapa 03 – Modelo digital twin para apoiar a análise de desempenho**

Considerando as tecnologias no escopo da Indústria 4.0, serão explorados, propostos e testados modelos de simulação replicando os cenários de teste definidos previamente. Os experimentos proporcionarão uma efetiva análise do desempenho operacional, econômico (custos e benefícios) e social da plataforma IoT para linhas de manufatura distribuídas e altamente automatizadas destinadas à fabricação de itens customizados para tratamento médico personalizado.

### **Etapa 04 – Modelagem da plataforma IoT**

A modelagem da plataforma IoT promoverá uma abordagem cooperativa entre as etapas de projeto, manufatura e utilização, de forma a viabilizar o envolvimento ativo dos participantes ao longo do ciclo de vida do produto. Dessa forma, a plataforma promoverá a interação entre dois ciclos complementares, quais sejam: (i) projeto, validação, produção, entrega e suporte; e, (ii) diagnóstico, especificação de requerimentos, tratamento e monitoramento.

### **Etapa 05 – Disseminação do conhecimento**

Essa etapa compreende a disseminação do conhecimento gerado, tanto no âmbito acadêmico, quanto na prática industrial inovadora.

## Insumos

A internacionalização propiciada pelo projeto se dará através da transferência de conhecimento e tecnologia entre os PPGs parceiros na UFSC e os entes internacionais. Em especial, o intercâmbio de pessoas visa reforçar a inserção da UFSC no cenário internacional. Esse processo ocorrerá em ambas as direções e demandará o apoio nas seguintes categorias:

- Auxílio para Missões de Trabalho no Exterior (Professores da UFSC);
- Recursos para Manutenção de Projetos;
- Bolsas no Exterior para Estudantes/Pesquisadores/Professores da UFSC: Doutorado Sanduíche; Professor Visitante Junior / Sênior; Capacitação em cursos de curta duração.
- Bolsas no País para Pesquisadores provenientes dos Parceiros Internacionais: Jovem Talento; Professor Visitante; Pós-Doutorado.

Em uma visão mais ampla, de médio a longo prazo, a execução do projeto apoiará a consecução dos seguintes resultados:

- intercâmbio científico e apoio à formação contínua de professores, pesquisadores e estudantes envolvidos.
- promoção de pesquisas conjuntas (através da submissão de 5 projetos internacionais conjuntos durante a execução do projeto) e atividades de ensino (por meio do intercâmbio de estudantes, pesquisadores e professores e a melhoria contínua em cursos de graduação e pós-graduação).
- suporte para aumentar o número de publicações conjuntas, dentro e fora do escopo do projeto, aumentando a visibilidade do conhecimento científico e tecnológico gerado.
- formação e consolidação de redes de colaboração científicas envolvendo a UFSC e as instituições parceiras internacionais e outras instituições.
- acesso a centros de excelência em relação ao desenvolvimento do conhecimento científico e prático.

O projeto ora proposto propiciará o avanço da colaboração com as instituições parceiras, cada qual com potencial para colaborar de forma única para a consecução dos objetivos do projeto e, concomitantemente, para o avanço do processo de internacionalização da UFSC. Por um lado, a Alemanha vem liderando a transformação digital da indústria, servindo de exemplo a ser seguido no que tange aos aspectos técnicos e tecnológicos. A Suíça, notadamente o parceiro local, tem um destacado histórico de aplicação de conhecimento científico avançado para o aprimoramento da competitividade da indústria local. Já a Itália e o Chile apresentam desafios científicos e tecnológicos similares aos brasileiros para a implementação de novos conceitos, métodos e tecnologias da Indústria 4.0, fornecendo assim uma ilustração perfeita das boas práticas que poderiam ser transferidas para a realidade científica e industrial brasileira. Por fim, os Estados Unidos e Canadá tem destacado desempenho da divulgação científica em periódicos de alto impacto, apresentando interessantes práticas a serem adaptadas e adotadas.

## Cronograma – Etapas, Missões e Bolsas

Etapa	Descrição	2019	2020	2021	2022
<b>1</b>	<b>Análise de requisitos e modelagem conceitual</b>				
<b>2</b>	<b>Análise de prática industrial e definição de cenários</b>				
	Professor Visitante no Exterior Sênior (6 meses)				
	Capacitação (3 meses)				
DS1	Doutorado Sanduíche (6 meses)				
DS2	Doutorado Sanduíche (6 meses)				
DS3	Doutorado Sanduíche (12 meses)				
	Pós-doutorado com experiência no exterior (12 meses)				
	Jovem Talento com Experiência no Exterior (12 meses)				
	Professor Visitante no Brasil (15 dias)				
	Professor Visitante no Brasil (15 dias)				
<b>3</b>	<b>Modelo digital twin para análise de desempenho</b>				
DS4	Doutorado Sanduíche (6 meses)				
DS5	Doutorado Sanduíche (6 meses)				
DS6	Doutorado Sanduíche (6 meses)				
	Professor Visitante no Exterior Sênior (6 meses)				
	Professor Visitante no Exterior Júnior (6 meses)				
	Capacitação (3 meses)				
<b>4</b>	<b>Modelagem da plataforma IoT</b>				
	Professor Visitante no Exterior Júnior (6 meses)				
DS7	Doutorado Sanduíche (6 meses)				
DS8	Doutorado Sanduíche (12 meses)				
	Pós-doutorado com experiência no exterior (12 meses)				
	Professor Visitante no Brasil (15 dias)				
DS9	Doutorado Sanduíche (6 meses)				
DS10	Doutorado Sanduíche (6 meses)				
	Professor Visitante no Brasil (15 dias)				
<b>5</b>	<b>Disseminação do conhecimento</b>				

### Bolsas no Exterior:

- Doutorado Sanduíche;
- Professor Visitante Junior (antigo pós-doutorado com vínculo empregatício);
- Professor Visitante Sênior (antigo estágio sênior no exterior);
- Capacitação em cursos de curta duração ou “summer/winter schools”.

### Bolsas no País:

- Jovem Talento;
- Professor Visitante;
- Pós-Doutorado.

## Caráter Inovador

O projeto apresenta caráter inovador não somente em termos científicos e tecnológicos, mas também do ponto de vista institucional e de inserção internacional, conforme detalhado a seguir:

### Inovações acadêmicas

Além do esperado desenvolvimento e disseminação de conhecimento acadêmico de alto impacto, através da execução do presente projeto almeja-se realizar a concepção, baseado nas experiências de sucesso dos parceiros BIBA, PARMA e SUPSI, de um laboratório de aprendizagem (*learning lab*), a ser instalado na UFSC, abrangendo as tecnologias da Indústria 4.0, principalmente àquelas exploradas no projeto.

### Inovações tecnológicas

Desenvolvimento de análise de requisitos, modelos conceituais, cenários de teste e modelos de plataformas IoT, bem como teste da aplicação dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 em sistemas produtivos inteligentes. Estudo inovador, através de *digital twins*, do desenvolvimento, produção e comercialização de produtos customizados para tratamento médico personalizado através da integração e sincronização do fluxo de informações e material propiciada por uma plataforma IoT abrangendo toda a cadeia de valor envolvida.

### Inovações institucionais

As tecnologias desenvolvidas neste projeto tem grande apelo científico e tecnológico e podem inserir a UFSC, no médio e longo prazos, em um cenários de intercâmbio de dados e protótipos com outros grupos interessados no tema alvo do projeto.

Além disso, o intenso intercâmbio acadêmico será acompanhado de um programa para institucionalizar o papel dos professores, pesquisadores e alunos estrangeiros que serão acolhidos na UFSC durante a execução do projeto como verdadeiros representantes da instituição e “Embaixadores de Pesquisa” da UFSC nos países de origem.

### Inovações na inserção internacional

A realização do projeto incentivará o fortalecimento de parcerias e de redes de pesquisa; contribuirá para intercâmbio científico; ampliará o nível de colaboração e de publicações conjuntas; incentivará o acesso de pesquisadores brasileiros a centros internacionais de excelência; e, proporcionará maior visibilidade internacional da produção científica e tecnológica brasileira.

## Metas

Em termos de desenvolvimento econômico e impacto social, é importante observar que, para garantir que o crescimento econômico de médio e longo prazo não seja limitado pela falta de capacidades tecnológicas, os investimentos em pesquisa com impacto direto e indireto no desenvolvimento do setor produtivo devem ser promovidos. O impacto direto ocorre através da aplicação do conhecimento desenvolvido pelo setor produtivo, nos processos e ferramentas de tomada de decisão. O impacto indireto está relacionado à melhoria da educação de futuros engenheiros, gerentes de produção e técnicos, permitido pela participação de professores em tais iniciativas internacionais de pesquisa, que combinam desenvolvimento teórico na fronteira do conhecimento e potencial de aplicação prática. Na sequência são apresentadas as metas do projeto quanto à formação de

pessoas e divulgação de resultados da pesquisa:

#### Formação de pessoas

- disciplinas oferecidas em língua inglesa: 10 disciplinas
- mestrados (concluídos): 10
- doutorados (iniciados): 10
- 3 cursos de doutorado em cotutela: Universidade de Bremen, Universidade de Parma e Universidade Laval.

#### Divulgação de resultados da pesquisa

- publicações de relevância internacional: 40 publicações em revistas de alto impacto e conferências internacionais com alto reconhecimento
- organização de *invited sessions* and *open invited tracks* em eventos internacionais de alto impacto abrangendo a temática do projeto: 4 sessions ou 4 tracks
- organização de special issues de revistas internacionais de alto impacto abrangendo temáticas relacionadas ao projeto: 4 special issues
- itens de produção tecnológica registrados: 5 registros

#### Formação / consolidação de rede internacional de pesquisa

- concepção de 1 (um) laboratório de aprendizagem (*learning lab*), a ser instalado na UFSC, abrangendo as tecnologias da Indústria 4.0, principalmente àquelas exploradas no projeto.
- estabelecimento de 1 (um) programa de representantes / Embaixadores de Pesquisa da UFSC nos países das instituições parceiras do projeto: 6 países, 17 embaixadores (aprox. 3 por país)
- submissão de projetos complementares conjuntos durante o período de execução do presente projeto: 5 submissões (por exemplo, NSF, EU H2020, DFG, dentre outros)

### Impactos na Internacionalização da UFSC

Em uma visão mais ampla, de médio a longo prazo, a execução do projeto apoiará a consecução dos seguintes resultados:

- intercâmbio científico e apoio à formação contínua de professores, pesquisadores e estudantes envolvidos.
- promoção de pesquisas conjuntas (através da submissão de 5 projetos internacionais conjuntos durante a execução do projeto) e atividades de ensino (por meio do intercâmbio de estudantes, pesquisadores e professores e a melhoria contínua em cursos de graduação e pós-graduação).
- suporte para aumentar o número de publicações conjuntas, dentro e fora do escopo do projeto, aumentando a visibilidade do conhecimento científico e tecnológico gerado.
- formação e consolidação de redes de colaboração científicas envolvendo a UFSC e as instituições parceiras internacionais e outras instituições.
- acesso a centros de excelência em relação ao desenvolvimento do conhecimento científico e prático.

O projeto ora proposto propiciará o avanço da colaboração com as instituições parceiras, cada qual com potencial para colaborar de forma única para a consecução dos objetivos do projeto e, concomitantemente, para o avanço do processo de internacionalização da UFSC. Por um lado, a Alemanha vem liderando a transformação digital da indústria, servindo de

exemplo a ser seguido no que tange aos aspectos técnicos e tecnológicos. No que tange a participação com instituições alemãs, ressalta-se a possibilidade de auxiliar programas de pós-graduação da UFSC recém-abertos a fortalecer os laços e ampliar ligações, como o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Eletrônicos, de Joinville que já conta com parcerias no Projeto AWARE. A Suíça, notadamente o parceiro local, tem um destacado histórico de aplicação de conhecimento científico avançado para o aprimoramento da competitividade da indústria local. Já a Itália e o Chile apresentam desafios científicos e tecnológicos similares aos brasileiros para a implementação de novos conceitos, métodos e tecnologias da Indústria 4.0, fornecendo assim uma ilustração perfeita das boas práticas que poderiam ser transferidas para a realidade científica e industrial brasileira. Por fim, os Estados Unidos e Canadá tem destacado desempenho da divulgação científica em periódicos de alto impacto, apresentando interessantes práticas a serem adaptadas e adotadas.

**IDENTIFICAÇÃO DOS PROPONENTES****DADOS DO COORDENADOR DO PROJETO**

<b>Nome Completo:</b>	Antonio Cezar Bornia
<b>SIAPE</b>	1159687
<b>Departamento Vinculado:</b>	Engenharia de Produção e Sistemas (EPS)
<b>PPG Credenciado:</b>	PPGEP
<b>Link CV Lattes:</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/1042018203108549">http://lattes.cnpq.br/1042018203108549</a>
<b>ORCID:</b>	<a href="https://orcid.org/0000-0003-3468-7536">https://orcid.org/0000-0003-3468-7536</a>
<b>Titulação:</b>	Doutor em Engenharia de Produção
<b>Ano de titulação:</b>	1995
<b>Área de Conhecimento:</b>	Engenharia de Produção
<b>País da Instituição:</b>	Brasil
<b>Instituição:</b>	UFSC

**DADOS DOS PARTICIPANTES NACIONAIS DO PROJETO****PARTICIPANTE (1)**

<b>Nome Completo:</b>	Antônio Augusto Fröhlich
<b>SIAPE:</b>	1160654
<b>Departamento Vinculado:</b>	Departamento de Informática e de Estatística
<b>PPG Credenciado:</b>	PPGCC – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
<b>Link CV Lattes</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/7644756660823271">http://lattes.cnpq.br/7644756660823271</a>
<b>Titulação:</b>	Doutorado em Ciência da Computação
<b>Ano de titulação:</b>	2001
<b>ORCID:</b>	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4063-1339">https://orcid.org/0000-0002-4063-1339</a>
<b>Email</b>	antonio.frohlich@ufsc.br
<b>Telefone</b>	+55 48 8406-2881

**PARTICIPANTE (2)**

<b>Nome Completo:</b>	Jean Everson Martina
<b>SIAPE:</b>	1018912
<b>Departamento Vinculado:</b>	Departamento de Informática e de Estatística
<b>PPG Credenciado:</b>	PPGCC – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
<b>Link CV Lattes</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/3531795815749652">http://lattes.cnpq.br/3531795815749652</a>
<b>Titulação:</b>	Doutor
<b>Ano de titulação:</b>	2011
<b>ORCID:</b>	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4104-1741">https://orcid.org/0000-0003-4104-1741</a>
<b>Email</b>	jean.martina@ufsc.br
<b>Telefone</b>	+55 48 9633-0478

**PARTICIPANTE (3)**

<b>Nome Completo:</b>	Enzo Morosini Frazzon
<b>SIAPE:</b>	1804979
<b>Departamento Vinculado:</b>	Engenharia de Produção e Sistemas (EPS)
<b>PPG Credenciado:</b>	PPGEP
<b>Link CV Lattes:</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/0574333309366837">http://lattes.cnpq.br/0574333309366837</a>
<b>Titulação:</b>	Dr.-Ing. (Doutor em Engenharia de Produção)
<b>Ano de titulação:</b>	2009
<b>ORCID:</b>	<a href="http://orcid.org/0000-0002-6629-6938">http://orcid.org/0000-0002-6629-6938</a>

<b>Email</b>	enzo.frazzon@ufsc.br
<b>Telefone</b>	+55 48 9973-1655 / +55 48 3721 7009

#### PARTICIPANTE (4)

<b>Nome Completo:</b>	Guilherme Luz Tortorella
<b>SIAPE:</b>	1785460
<b>Departamento Vinculado:</b>	Engenharia de Produção e Sistemas
<b>PPG Credenciado:</b>	Engenharia de Produção
<b>Link CV Lattes</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/5104953457585951">http://lattes.cnpq.br/5104953457585951</a>
<b>Titulação:</b>	Doutor
<b>Ano de titulação:</b>	2012
<b>ORCID:</b>	<a href="http://orcid.org/0000-0003-2396-4665">http://orcid.org/0000-0003-2396-4665</a>
<b>Email</b>	g.tortorella@ufsc.br
<b>Telefone</b>	+55 48 3721 7012

#### PARTICIPANTE (5)

<b>Nome Completo:</b>	Diego de Castro Fettermann
<b>SIAPE:</b>	1861492
<b>Departamento Vinculado:</b>	Engenharia de Produção e Sistemas
<b>PPG Credenciado:</b>	Engenharia de Produção
<b>Link CV Lattes</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/9114671113378697">http://lattes.cnpq.br/9114671113378697</a>
<b>Titulação:</b>	Doutor
<b>Ano de titulação:</b>	2013
<b>ORCID:</b>	<a href="http://orcid.org/0000-0001-9210-8622">http://orcid.org/0000-0001-9210-8622</a>
<b>Email</b>	d.fettermann@ufsc.br
<b>Telefone</b>	+55 48 3721 7007

#### PARTICIPANTE (6)

<b>Nome Completo:</b>	Valdirene Gasparetto
<b>SIAPE:</b>	1112223-4
<b>Departamento Vinculado:</b>	CCN - Ciências Contábeis
<b>PPG Credenciado:</b>	Programa de Pós-Graduação em Contabilidade
<b>Link CV Lattes</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/9876735629466934">http://lattes.cnpq.br/9876735629466934</a>
<b>Titulação:</b>	Doutora
<b>Ano de titulação:</b>	2003
<b>ORCID:</b>	<a href="https://orcid.org/0000-0002-2825-4067">https://orcid.org/0000-0002-2825-4067</a>
<b>Email</b>	valdirene.gasparetto@ufsc.br
<b>Telefone</b>	+55 48 3721-6512

#### PARTICIPANTE (7)

<b>Nome Completo:</b>	Altair Borgert
<b>SIAPE:</b>	1159744
<b>Departamento Vinculado:</b>	Departamento de Ciências Contábeis
<b>PPG Credenciado:</b>	Programa de Pós-Graduação em Contabilidade
<b>Link CV Lattes</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/0451604530850182">http://lattes.cnpq.br/0451604530850182</a>
<b>Titulação:</b>	Doutor
<b>Ano de titulação:</b>	1999
<b>ORCID:</b>	<a href="http://orcid.org/0000-0002-0116-8089">http://orcid.org/0000-0002-0116-8089</a>
<b>Email</b>	altair.borgert@ufsc.br; altair@borgert.com.br
<b>Telefone</b>	+55 48 3721-6671

#### PARTICIPANTE (8)

<b>Nome Completo:</b>	Rogério João Lunkes
<b>SIAPE:</b>	2351869

<b>Departamento Vinculado:</b>	Departamento de Ciências Contábeis
<b>PPG Credenciado:</b>	Programa de Pós-Graduação em Contabilidade
<b>Link CV Lattes</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/6241003358183170">http://lattes.cnpq.br/6241003358183170</a>
<b>Titulação:</b>	Doutor
<b>Ano de titulação:</b>	2003
<b>ORCID:</b>	<a href="http://orcid.org/0000-0003-4232-5746">http://orcid.org/0000-0003-4232-5746</a>
<b>Email</b>	rogeriolunkes@hotmail.com; rogeriolunkes@bol.com.br
<b>Telefone</b>	+55 48 3721-6634

## DADOS DOS PARTICIPANTES ESTRANGEIROS DO PROJETO

### PARTICIPANTE (1)

<b>Nome Completo:</b>	Klaus-Dieter Thoben
<b>Instituição Vinculada:</b>	BIBA (Bremen Institute of Production and Logistics) da Universidade de Bremen
<b>Departamento Vinculado:</b>	IKAP - Informations- und kommunikations----technische Anwendungen in der Produktion (ICT applications for production)
<b>ORCID:</b>	<a href="http://orcid.org/0000-0002-5911-805X">http://orcid.org/0000-0002-5911-805X</a>
<b>CV resumido</b>	<i>Enviado em anexo.</i>
<b>Titulação</b>	Dr.-Ing. (Doutor em Engenharia de Produção) Universität Bremen.
<b>Ano de titulação</b>	1989
<b>Área de titulação</b>	Engenharia de Produção
<b>Email</b>	tho@biba.uni-bremen.de
<b>Telefone</b>	+49(0)421/218-50005

### PARTICIPANTE (2)

<b>Nome Completo:</b>	Marco Silvestri
<b>Instituição Vinculada:</b>	SUPSI - University of Applied Sciences of Southern Switzerland
<b>Departamento Vinculado:</b>	Institute of Systems and Technologies for Sustainable Production, Department of Innovative Technologies
<b>ORCID:</b>	0000-0002-6651-2258
<b>CV resumido</b>	<i>Enviado em anexo.</i>
<b>Titulação</b>	M.Sc. Mechanical Engineering at the University of Parma
<b>Ano de titulação</b>	1999
<b>Área de titulação</b>	Automazione industriale e robotica
<b>Email</b>	marco.silvestri@supsi.ch
<b>Telefone</b>	+41 (0) 58 666 65 53

### PARTICIPANTE (3)

<b>Nome Completo:</b>	Alessandro Tasora
<b>Instituição Vinculada:</b>	Università degli Studi di Parma
<b>Departamento Vinculado:</b>	Dipartimento di Ingegneria e Architettura
<b>ORCID:</b>	0000-0002-2664-7895
<b>CV resumido</b>	<a href="http://www.chronoengine.info/tasora/curriculum/curriculum_EN.pdf">http://www.chronoengine.info/tasora/curriculum/curriculum_EN.pdf</a> <a href="http://projectchrono.org/tasora/publications.html">http://projectchrono.org/tasora/publications.html</a>
<b>Titulação</b>	M.Sc. Mechanical Engineering at the Politecnico di Milano
<b>Ano de titulação</b>	1998
<b>Área de titulação</b>	Mechanical Engineering
<b>Email</b>	alessandro.tasora@unipr.it
<b>Telefone</b>	+39 0521 905705

### PARTICIPANTE (4)

<b>Nome Completo:</b>	Alejandro Mac Cawley
<b>Instituição Vinculada:</b>	Pontificia Universidad Católica de Chile: Santiago, RM, Chile
<b>Departamento Vinculado:</b>	Industrial and Systems Engineering

<b>ORCID:</b>	0000-0002-4848-4732
<b>CV resumido</b>	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4848-4732/print">https://orcid.org/0000-0002-4848-4732/print</a>
<b>Titulação</b>	PhD
<b>Ano de titulação</b>	2014
<b>Área de titulação</b>	Industrial and Systems Engineering
<b>Email</b>	amac@uc.cl
<b>Telefone</b>	+56 223544272

#### **PARTICIPANTE (5)**

<b>Nome Completo:</b>	Rapinder Sawhney
<b>Instituição Vinculada:</b>	The University of Tennessee
<b>Departamento Vinculado:</b>	Industrial & Systems Engineering
<b>ORCID:</b>	0000-0003-1043-514X
<b>CV resumido</b>	<i>Enviado em anexo.</i>
<b>Titulação</b>	PhD
<b>Ano de titulação</b>	1991
<b>Área de titulação</b>	Industrial and System Engineering
<b>Email</b>	sawhney@utk.edu
<b>Telefone</b>	+1 865-974-7653

#### **PARTICIPANTE (6)**

<b>Nome Completo:</b>	Leandro Callegari Coelho
<b>Instituição Vinculada:</b>	Université Laval, Canada
<b>Departamento Vinculado:</b>	Operations et systèmes de décisions
<b>ORCID:</b>	<a href="https://orcid.org/0000-0002-9797-1019">https://orcid.org/0000-0002-9797-1019</a>
<b>CV resumido</b>	<i>Enviado em anexo.</i>
<b>Titulação</b>	Dr, Canada research chair in integrated logistics
<b>Ano de titulação</b>	2012
<b>Área de titulação</b>	Management, logistics and operations research
<b>Email</b>	Leandro.Callegari-Coelho@fsa.ulaval.ca
<b>Telefone</b>	(418) 656-2131 # 5042

## PERFIL DOS PARTICIPANTES

### Capacidade Técnica e Liderança da Equipe Brasileira

A equipe do projeto tem reconhecida capacidade técnica e liderança nas áreas de pesquisa do projeto. Em especial, todos os membros do projeto tem comprovada experiência internacional e atuação relevante para a internacionalização do ensino e da pesquisa da UFSC.

O **Prof. Antonio Cezar Bornia** atua na análise de custos de sistemas produtivos, com ampla atuação em associações profissionais e acadêmicas, como a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) e Associação Brasileira de Custos (ABC). O **Prof. Enzo Morosini Frazzon** (PQ2 CNPq) realizou seu doutoramento e pós-doutorado na Universidade de Bremen (2006 – 2010). Pesquisa (i) a integração entre sistemas de produção, transporte e logística, (ii) sistemas produtivos inteligentes e (iii) a aplicação de novas tecnologias em sistemas produtivos e logísticos. O **Prof. Diego Fettermann** atua na área de desenvolvimento de novos produtos e análise de dados, em especial na incorporação de tecnologias IoT no desenvolvimento de produtos industriais. O **Prof. Guilherme Tortorella** (PQ2 CNPq) atua na área de gestão de operações, em especial na área de abordagens enxutas (lean), considerando integralmente os conceitos, abordagens e tecnologias da Indústria 4.0.

O **Prof. Antônio Augusto Fröhlich** realizou seu doutorado em Engenharia da Computação na Technical University of Berlin. Atua na área de Cyber-Physical Systems e Internet of Things, tendo coordenado e participado de vários projetos nacionais e internacionais, dentre eles o EUBrazilCloudForum H2020. O **Prof. Jean Everson Martina** possui doutorado em Ciências da Computação pela Universidade de Cambridge no Reino Unido (2011). Atua em Gerenciamento de Certificados Digitais, Protocolos Criptográficos, Sistemas Embarcados, Métodos Formais, e Engenharia de Software voltada a segurança da Informação.

O **Prof. Altair Borgert** pesquisa modelos de custeio e comportamento dos custos e tem desenvolvido projetos no âmbito dos serviços de saúde e hospitalar. O **Prof. Rogério João Lunkes** (PQ2 CNPq) e a **Prof<sup>a</sup>. Valdirene Gasparetto** pesquisam o processo de gestão das organizações, bem como métodos de avaliação de desempenho. Eles têm publicado internacionalmente e participado em equipes internacionais de forma a fomentar a internacionalização do PPGC.

## Capacidade Técnica e Liderança da Equipe Brasileira

A equipe do projeto tem reconhecida capacidade técnica e liderança nas áreas de pesquisa do projeto. Em especial, todos os membros do projeto tem comprovada experiência internacional e atuação relevante para a internacionalização do ensino e da pesquisa da UFSC.

O **Prof. Antonio Cezar Bornia** atua na análise de custos de sistemas produtivos, com ampla atuação em associações profissionais e acadêmicas, como a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) e Associação Brasileira de Custos (ABC). O **Prof. Enzo Morosini Frazzon** (PQ2 CNPq) realizou seu doutorado e pós-doutorado na Universidade de Bremen (2006 – 2010). Pesquisa (i) a integração entre sistemas de produção, transporte e logística, (ii) sistemas produtivos inteligentes e (iii) a aplicação de novas tecnologias em sistemas produtivos e logísticos. O **Prof. Diego Fettermann** atua na área de desenvolvimento de novos produtos e análise de dados, em especial na incorporação de tecnologias IoT no desenvolvimento de produtos industriais. O **Prof. Guilherme Tortorella** (PQ2 CNPq) atua na área de gestão de operações, em especial na área de abordagens enxutas (lean), considerando integralmente os conceitos, abordagens e tecnologias da Indústria 4.0.

O **Prof. Antônio Augusto Fröhlich** realizou seu doutorado em Engenharia da Computação na Technical University of Berlin. Atua na área de Cyber-Physical Systems e Internet of Things, tendo coordenado e participado de vários projetos nacionais e internacionais, dentre eles o EUBrazilCloudForum H2020. O **Prof. Jean Everson Martina** possui doutorado em Ciências da Computação pela Universidade de Cambridge no Reino Unido (2011). Atua em Gerenciamento de Certificados Digitais, Protocolos Criptográficos, Sistemas Embarcados, Métodos Formais, e Engenharia de Software voltada a segurança da Informação.

O **Prof. Altair Borgert** pesquisa modelos de custeio e comportamento dos custos e tem desenvolvido projetos no âmbito dos serviços de saúde e hospitalar. O **Prof. Rogério João Lunkes** (PQ2 CNPq) e a **Prof<sup>a</sup>. Valdirene Gasparetto** pesquisam o processo de gestão das organizações, bem como métodos de avaliação de desempenho. Eles têm publicado internacionalmente e participado em equipes internacionais de forma a fomentar a internacionalização do PPGC.

## Experiência Internacional da Equipe Brasileira

A equipe do projeto mantém colaborações ativas com centros de pesquisa internacionais, o que permite que professores, pesquisadores e alunos de graduação e pós-graduação realizem intercâmbios. A equipe do projeto também tem experiência no recebimento de professores e pesquisadores estrangeiros para missões de curta e longa duração na UFSC. Um breve resumo segue abaixo:

**Prof. Bornia:** tem atuado na publicação de artigos científicos em conjunto com parceiros internacionais e desenvolvido parcerias institucionais com associações acadêmicas e profissionais internacionais.

**Prof. Fröhlich:** Coordenação de diversos projeto apoiados pela Comissão Europeia. Seu laboratório (Software/Hardware Integration Lab - LISHA), através de seu amplo e multi-campi corpo técnico, tem dedicado esforços ao desenvolvimento de sistemas embarcados, sistemas ciberfísicos e plataformas Internet of Things. Destaca-se a atuação do: (i) **Prof. Giovanni Gracioli** que realizou doutorado (2012) sanduíche na Universidade de Waterloo e na universidade Friedrich-Alexander (2010); e, (ii) **Prof. Anderson W. Spengler**, cujos

interesses de pesquisa incluem abrangem sistemas embarcados, como foco em sistemas ciberfísicos.

**Prof. Frazzon:** Coordenação do projeto AdaptiveSBO (BRAGECRIM, período: Junho/2016 a Maio/2020, U\$ 478.000, 10 missões de estudo por ano)", com o Prof. Dr.-Ing. Freitag da Universidade de Bremen. O projeto abrange atividades de planejamento e controle integrado de operações industriais, considerando integralmente os conceitos, abordagens e tecnologias da Indústria 4.0. Atuação no projeto I2MS2C (BRAGECRIM, período: 2012 a 2017, valor bilateral financiado: U\$ 300.000), com UFRGS, FURG e Universität Münster. O BRAGECRIM visa apoiar e financiar projetos conjuntos de pesquisa entre grupos de pesquisa brasileiros e alemães na área de tecnologia de manufatura avançada. Embaixador de Pesquisa da Universidade de Bremen no Brasil desde 2016.

**Prof. Martina** tem colaborações internacionais ativas com a Universidade de Luxemburgo, a Universidade do Porto, a Universidade de Bologna e a Unviersidade de Catânia. O **Prof. Tortorella** atua em cooperação com a University of Tennessee (UTK) e Univerity of Bergamo – Itália. O **Prof. Fettermann** é coordenador de Intercambio Internacional e do Programa Brafitec 213/17 com a ENISE.

### Experiência da Equipe Estrangeira

O **Prof. Thoben** é diretor do **BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH da Universidade de Bremen**, um dos institutos de pesquisa de maior destaque internacional na Alemanha, atuando em redes de pesquisa no âmbito nacional, europeu e global. Há muito mais de 20 anos, a BIBA vem explorando e contribuindo para o conhecimento científico e tecnológico do que hoje se convencionou denominar "Indústria 4.0", explorando os desafios tecnológicos e organizacionais, bem como as oportunidades apresentadas pela digitalização da produção e da logística. Na Universidade de Bremen, 6 pesquisadores participarão do projeto.

O **Prof. Tasora** é diretor do **Smart Production 4.0 Lab da Universidade de Parma**. Trata-se de um centro de inovação atuando no desenvolvimento de sistemas de manufatura inteligentes incluindo pesquisa em manufatura flexível, impressão 3D, sistemas ciberfísicos, produtos virtuais e reengenharia de processos. A Universidade de Parma tem um papel de liderança na transformação digital da indústria e das operações de transporte e logística, tanto a nível regional como nacional, sendo um local perfeito para a construção de redes de colaboração científicas no âmbito Italiano e Europeu.

O **Prof. Silvestri** é membro do **Institute of Systems and Technologies for Sustainable Production da University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland (SUPSI)**. A atuação do instituto está focada em melhorar o desempenho de sistemas de produção que integram tecnologias industriais avançadas, explorando metodologias e ferramentas, incluindo: automação e controle, Machine learning e simulação.

O **Prof. Dr. Coelho** é membro do **CIRRELT (Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation)**, e **diretor da Canada research chair em logística integrada da Laval University**, que atua no desenvolvimento de conhecimento científico na área de pesquisa operacional aplicada á logística, transportes e controle de inventário.

Os **Prof. Mac Cawley** e **Prof. Sawhney** atuam na área de Lean Healthcare, a qual desenvolve conhecimento relevante na área de eficiência hospitalar que será diretamente afetada pela implantação de novas tecnologias de fabricação e plataformas de comunicação no âmbito do projeto.

### PROGRAMAS E INSTITUIÇÕES DO PROJETO DE PESQUISA EM COOPERAÇÃO

## INTERNACIONAL

### Programas de Pós-Graduação da UFSC

PPGEP – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (Coordenação)

Participantes: Antonio Cezar Bornia, Enzo Morosini Frazzon, Guilherme Luz Tortorella, Diego de Castro Fettermann

Área de avaliação da CAPES: Engenharias III

PPGCC – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Participantes: Augusto Fröhlich, Jean Martina

Área de avaliação da CAPES: Ciência da Computação

PPGC – Programa de Pós-Graduação em Contabilidade

Participantes: Altair Borgert, Rogério João Lunkes e Valdirene Gasparetto, Altair Borgert

Área de avaliação da CAPES: Administração Pública e de Empresas, Ciências Contábeis e Turismo

### Instituições Parceiras Estrangeiras

- BIBA (Bremen Institute of Production and Logistics) da Universidade de Bremen (Alemanha)

- Institute of Systems and Technologies for Sustainable Production, Department of Innovative Technologies do SUPSI - University of Applied Sciences of Southern Switzerland (Suíça) / SUPSI - Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana

- Operations et systèmes de décisions department da Université Laval (Canada)

- Dipartimento di Ingegneria e Architettura da Università degli Studi di Parma (Itália)

- Center for Advanced Systems Research and Education da University of Tennessee, Knoxville (Estados Unidos da América)

- Industrial and Systems Engineering Department da Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile)

**RECURSOS (conforme PII UFSC, aprovado pela CAPES)  
\*sujeito a ajustes durante o processo de implementação**

**Tema 5: Transformação Digital: Indústria e Serviços 4.0**

TEMA	PROJETO	TIPO	MONTANTE	PPG LÍDER	COORDENADOR	PPG's PARTICIPANTES
Tema 5: Transformação Digital: Indústria e Serviços 4.0 (5 projetos)	23 Automação, controle e sistemas computacionais para indústria e serviços 4.0	(+)	R\$ 2.302.531,13	Engenharia de Automação e Sistemas	Ricardo José Rabelo	Engenharia Elétrica Ciências da Computação
	24 Big Data Analytics: lançando luz dos genes ao cosmos	(--)	R\$ 798.515,74	Ciência da Computação	Vania Bogorny	Biotecnologia e Biociências
	25 Internacionalização da Matemática e integração com Física e Engenharias	(-)	R\$ 1.439.300,10	Matemática Pura e Aplicada	Daniel Gonçalves	Engenharia Elétrica Engenharia de Automação e Sistemas
	26 Manufatura distribuída e automatizada e fabricação automatizada setorial (saúde)	(-)	R\$ 1.439.300,10	Engenharia da Produção	Antonio Cezar Bornia	Ciência da Computação Contabilidade
	27 Robótica: competência e pesquisa em paralelismo e reconfiguração	(-)	R\$ 1.439.300,10	Engenharia Mecânica	Daniel Martins	Engenharia de Automação e Sistemas Matemática Pura e Aplicada

<b>TIPO: (-)</b>	<b>R\$ 1.439.300,10</b>
------------------	-------------------------

MISSÕES CADASTRADAS		R\$ 300.000,00	
Ano	Qtd	Valor	
2018 – 2º semestre	3	R\$ 75.000,00	
2019	3	R\$ 75.000,00	
2020	3	R\$ 75.000,00	
2021	3	R\$ 75.000,00	
2022 – 1º semestre	0	R\$ 0,00	

RECURSOS PARA MANUTENÇÃO DE PROJETOS		R\$ 40.000,00
Ano	Valor	
2018 – 2º semestre	R\$ 10.000,00	
2019	R\$ 10.000,00	
2020	R\$ 10.000,00	
2021	R\$ 10.000,00	
2022 – 1º semestre	R\$ 0,00	

BOLSAS VINCULADAS A PROJETO DE COOPERAÇÃO						R\$ 1.099.300,10	
Modalidade	2018	2019	2020	2021	2022	Total	Total(R\$)
Capacitação (3 meses)	0	1		1		2	R\$ 50.932,80
Doutorado Sanduíche (6 meses)	0	2	2	2	2	8	R\$ 323.827,20
Doutorado Sanduíche (12 meses)	0	1		1		2	R\$ 152.553,60
Jovem Talento com Experiência no Exterior (12 meses)	0	1				1	R\$ 116.110,58
Professor Visitante no Brasil (15 dias)	0	1	1	1	1	4	R\$ 64.621,16
Professor Visitante no Exterior Júnior (6 meses)	0	1		1		2	R\$ 121.276,80
Professor Visitante no Exterior Sênior (6 meses)	0	1		1		2	R\$ 131.356,80
Pós-doutorado com experiência no exterior (12 meses)	0	1		1		2	R\$ 138.621,16

**Itens Financiáveis**

- Auxílio para Missões de Trabalho no Exterior;
- Recursos para Manutenção de Projetos;

**Bolsas no Exterior:**

- Doutorado Sanduíche;
- Professor Visitante Junior (antigo pós-doutorado com vínculo empregatício);
- Professor Visitante Sênior (antigo estágio sênior no exterior);
- Capacitação em cursos de curta duração ou “summer/winter schools”.

**Bolsas no País:**

- Jovem Talento;
- Professor Visitante;
- Pós-Doutorado.

**RECURSOS (conforme PII UFSC, aprovado pela CAPES)  
\*sujeito a ajustes durante o processo de implementação**

<b>Missões vinculadas ao Projeto de Cooperação</b>		
<b>Ano</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor</b>
2018	3	R\$ 75.000,00
2019	3	R\$ 75.000,00
2020	3	R\$ 75.000,00
2021	3	R\$ 75.000,00
2022	0	R\$ 0,00

<b>Recursos para manutenção do Projeto de Cooperação Internacional</b>	
<b>Ano</b>	<b>Valor</b>
2018	R\$ 10.000,00
2019	R\$ 10.000,00
2020	R\$ 10.000,00
2021	R\$ 10.000,00
2022	R\$ 0,00

<b>Bolsas vinculadas ao Projeto de Cooperação</b>			
<b>Ano</b>	<b>Modalidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Total</b>
2018	Doutorado Sanduíche (6 meses)	0	R\$ 0,00
2018	Professor Visitante no Brasil (15 dias)	0	R\$ 0,00
2019	Professor Visitante no Exterior Júnior (6 meses)	1	R\$ 60.638,40
2019	Doutorado Sanduíche (6 meses)	2	R\$ 80.956,80
2019	Capacitação (3 meses)	1	R\$ 25.466,40
2019	Pós-doutorado com experiência no exterior (12 meses)	1	R\$ 69.310,58
2019	Doutorado Sanduíche (12 meses)	1	R\$ 76.276,80
2019	Jovem Talento com Experiência no Exterior (12 meses)	1	R\$ 116.110,58
2019	Professor Visitante no Brasil (15 dias)	1	R\$ 16.155,29
2019	Professor Visitante no Exterior Sênior (6 meses)	1	R\$ 65.678,40
2020	Doutorado Sanduíche (6 meses)	2	R\$ 80.956,80
2020	Professor Visitante no Exterior Júnior (6 meses)	0	R\$ 0,00
2020	Professor Visitante no Exterior Sênior (6 meses)	0	R\$ 0,00
2020	Professor Visitante no Brasil (15 dias)	1	R\$ 16.155,29
2021	Professor Visitante no Exterior Júnior (6 meses)	1	R\$ 60.638,40
2021	Doutorado Sanduíche (12 meses)	1	R\$ 76.276,80
2021	Capacitação (3 meses)	1	R\$ 25.466,40
2021	Pós-doutorado com experiência no exterior (12 meses)	1	R\$ 69.310,58
2021	Professor Visitante no Brasil (15 dias)	1	R\$ 16.155,29
2021	Professor Visitante no Exterior Sênior (6 meses)	1	R\$ 65.678,40
2021	Doutorado Sanduíche (6 meses)	2	R\$ 80.956,80
2022	Doutorado Sanduíche (6 meses)	2	R\$ 80.956,80
2022	Professor Visitante no Brasil (15 dias)	1	R\$ 16.155,29

## Bibliografia de Referência

- AVVENTUROSO, G.; FORESTI, R.; SILVESTRI, M.; FRAZZON, E. M. Production Paradigms for Additive Manufacturing Systems: a Simulation-based Analysis In: Annals of 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). , 2017.
- BAUERNHANSL, T.; KRÜGER, J.; REINHART, G.; SCHUH, G.: WGP-Standpunkt Industrie 4.0, 2016. Online: [https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Presse/Presseinformationen/2016/Juni/WGP\\_Standpunkt\\_Industrie\\_40.pdf](https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Presse/Presseinformationen/2016/Juni/WGP_Standpunkt_Industrie_40.pdf), acessado em 05.12.2-17.
- EBI (2011). Episcom Business Intelligence: Brazil Medical Device Market – Intelligence Report, Quarter III 2011.
- ENGELAGE, E. ; Borgert ; GASPARETTO, VALDIRENE ; LUNKES, ROGERIO JOAO ; SCHNORRENBERGER, DARCI . Gestão de Custos em Atividades de Green Logistic: Análise em uma Agroindústria. Custos e Agronegocio On Line, v. 13, p. 174-205, 2017.
- FOGLIATTO, F., ANZANELLO, M., TORTORELLA, G., SCHNEIDER, D., PEREIRA, C., SCHAAN, B. A Six Sigma Approach to Analyze Time-to-Assembly Variance of Surgical Trays in a Sterile Services Department. Journal for Healthcare Quality: official publication of the National Association for Healthcare Quality (forthcoming), 2017.
- FRAZZON, E. M., HARTMANN, J., MAKUSCHEWITZ, T., & SCHOLZ-REITER, B. Towards socio-cyber-physical systems in production networks. Procedia CIRP, 7, 49-54, 2013.
- FRAZZON, E. M.; ALBRECHT, A.; PIRES, M.; ISRAEL, E.; KÜCK, M.; FREITAG, M.: Hybrid approach for the integrated scheduling of production and transport processes along supply chains. In: International Journal of Production Research 2017 (accepted, doi:10.1080/00207543.2017.1355118).
- FRAZZON, E. M.; KÜCK, M. ; FREITAG, M.: Data-driven Production Control for Complex and Dynamic Manufacturing Systems. CIRP Annals – Manufacturing Technology 67, v1, 2018.
- LANZA G, HAEFNER B, KRAEMER A. Optimization of selective assembly and adaptive manufacturing by means of cyber-physical system based matching. CIRP Annals - Manufacturing Technology 64(1):399-402, 2015.
- LASI, H., P. FETTKE, H. G. KEMPER, T. FELD, AND M. HOFFMANN. Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering 6 (4): 239-242, 2014. doi:10.1007/s12599-014-0334-4, 2014.
- LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A.: A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters 3, 2015, pp. 18-23.
- MONOSTORI, L.; KÁDÁR, B.; BAUERNHANSL, T.; KONDOH, S.; KUMARA, S.; REINHART, G.; SAUER, O.; SCHUH, G.; SIHN, W.; UEDA, K.: Cyber-physical systems in manufacturing. CIRP Annals-Manufacturing Technology 65, 2016, pp. 621-641.
- SCHLEICH, B.; ANWER, N.; MATHIEU, L.; WARTZACK, S.: Shaping the digital twin for design and production engineering. CIRP Annals - Manufacturing Technology 66, 2017, pp. 141-144.
- TORTORELLA, G., FETTERMANN, D. Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. International Journal of Production Research, v. 55, 1-13, 2017.
- TORTORELLA, G., FOGLIATTO, F., ANZANELLO, M., MARODIN, G., GARCIA, M., ESTEVES, R. Making the value flow: application of value stream mapping in a Brazilian public healthcare organisation. Total Quality Management & Business Excellence, 28(13-14), 1544-1558, 2017.
- TRANCOSO, J.P.G., PIAZZA, V.G., FRAZZON, E.M. Simulation-based Analysis of Additive Manufacturing Systems for Fuel Nozzles. Journal of Aerospace Technology and Management, 2018. Aceito para publicação.
- UHLEMANN, T. H. J.; LEHMANN, C.; STEINHILPER, R.: The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Manufacturing system for Industry 4.0. Procedia CIRP 61, 2017, pp. 335-340.
- WANG, L.; TÖRNGREN, M.; ONORI, M.: Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. Journal of Manufacturing Systems 37, 2015, pp. 517-527.
- WEYER, S., SCHMITT, M., OHMER, M., & GORECKY, D.. Towards Industry 4.0-Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. IFAC-PapersOnLine, 48(3), 579-584. 2015.